

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09073313 A**(43) Date of publication of application: **18.03.97**

(51) Int. Cl. **G05B 19/418**
G06F 17/60
G06F 17/50

(21) Application number: **07272448**(22) Date of filing: **20.10.95**

(30) Priority: **09.02.95 JP 07 21988**
29.06.95 JP 07163322

(71) Applicant: **MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD**(72) Inventor: **ISHIZUKA HIROAKI**

(54) **METHOD AND DEVICE FOR PLANNING
 MANUFACTURE PROGRAM**

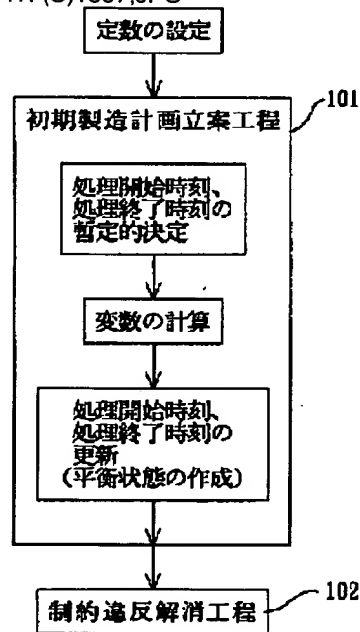
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To plan a manufacture program which makes batch processes possible and can shorten TAT in a short time.

SOLUTION: In an initial manufacture planning process 101, conditions in a restriction condition storage table are not met if a process P(a, n) is assigned in a device down period, so variables F(a, n) given as a certain expression is calculated and the process start and end times of the variable which is smaller in absolute value are employed. Further, even when processes P(a, na), P(b, nb), and P(c, nc) more than batch processes in a mean process wait time storage table are assigned as batch processes, the restriction conditions are not met, so variables F(a, na) and F(b, nb) of the three processes are compared and the process start time and end time of the process which has the largest variables F are postponed until after the elimination of the violation of the restriction conditions. This calculation is performed up to the process of the latest process start time and the planning of the manufacture

program is finished.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-73313

(43)公開日 平成9年(1997)3月18日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 5 B 19/418		0360-3H	G 0 5 B 15/02	S
G 0 6 F 17/60			G 0 6 F 15/21	Z
17/50			15/60	6 3 6 A

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 33 頁)

(21)出願番号 特願平7-272448

(22)出願日 平成7年(1995)10月20日

(31)優先権主張番号 特願平7-21988

(32)優先日 平7(1995)2月9日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(31)優先権主張番号 特願平7-163322

(32)優先日 平7(1995)6月29日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 石塚 裕晶

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器

産業株式会社内

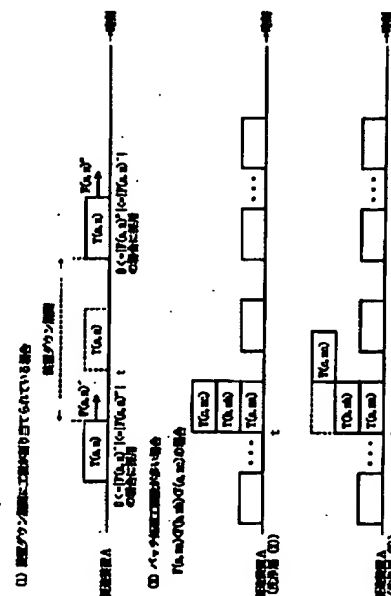
(74)代理人 弁理士 前田 弘 (外2名)

(54)【発明の名称】 製造計画立案方法および製造計画立案装置

(57)【要約】 (修正有)

【課題】 バッチ処理が可能でT A Tを短縮することができる製造計画を短時間で立案できる。

【解決手段】 初期製造計画立案工程101で、工程P (a, n) が装置ダウン期間に割り付けられると制約条件格納テーブルの条件に違反するので、一定式で与えられる変数F (a, n) を計算し、その絶対値が小さい方の処理開始及終了時刻を採用する。又、平均処理待ち時間格納テーブルのバッチ処理数以上の工程P (a, n) a) P (b, n b), P (c, n c) がバッチ処理するように割り付けられている場合も制約条件違反となるので、3つの工程の変数F (a, n a), F (b, n b), を比較し、変数Fが最も大きい工程の処理開始及終了時刻を制約違反解消まで後にならず。この計算を処理開始時刻が最も遅い工程まで行ない、製造計画の立案を終了する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 製造ラインに投入される製品の製造計画を立案する製造計画立案方法であって、

* すべての製造工程に
【数1】

$$F(a, n) = k(a, n) \{Tave'(a, n) - Twl(a, n)\} - k(a, n+1) \{Tave'(a, n+1) - Twl(a, n+1)\}$$

但し、

$$Tave'(a, n) = Tave(a, n)$$

$$(Te(a, N(a)) \leq Tout(a) \text{ の場合})$$

$$= Tave(a, n) - \{Te(a, N(a)) - Tout(a)\} / E(a) \quad (Te(a, N(a)) > Tout(a) \text{ の場合})$$

によって定義される変数 $F(a, n)$ (但し、 $k(a, n)$ は製品 a の第 n 工程である工程 $P(a, n)$ に設定する定数であり、 $Tave(a, n)$ は過去の処理実績から求めた工程 $P(a, n)$ と同じ工程の平均待ち時間であり、 $Twl(a, n)$ は工程 $P(a, n-1)$ の処理終了時刻から工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻までの時間差である処理待ち時間であり、 $N(a)$ は製品 a の最終工程であり、 $Te(a, N(a))$ は最終工程 $P(a, N(a))$ の終了時刻であり、 $Tout(a)$ は製品 a の目標納期であり、 $E(a)$ は製品 a の未処理の工程数である) を設定した後、前記変数 $F(a, n)$ の絶対値が※20

10 ※ 予め設定した 0 以上の定数 F_{max} よりも小さくなるように各工程の処理開始時刻および処理終了時刻を決定して初期製造計画を立案する初期製造計画立案工程と、前記初期製造計画立案工程において立案された初期製造計画を該初期製造計画が予め設定した制約条件に違反しないように修正する制約条件解消工程とを備えていることを特徴とする製造計画立案方法。

【請求項2】 製造ラインに投入される製品の製造計画を立案する製造計画立案方法であって、すべての製造工程に、
【数2】

$$F(a, n) = \sum_{i=1}^A \sum_{j=1}^{N(i)} G(P(a, n), P(i, j)) \times f3^*(P(a, n), P(i, j)) \times \cos \Theta(P(a, n), P(i, j)) / f(a, n)$$

但し

$$\cos \Theta(P(a, n), P(i, j)) = \frac{Tw2(P(a, n), P(i, j))}{\sqrt{Tw2(P(a, n), P(i, j))^2 + h(a, n)^2}}$$

$$f3^*(P(a, n), P(i, j)) = \frac{G(a, n)}{\{Tw2(P(a, n), P(i, j))^2 + h(a, n)^2\}^{m(a, n)}}$$

によって定義される変数 $F(a, n)$ (但し、 A は製品の数であり、 $N(i)$ は製品 i の工程数であり、 $G(a, n)$ 、 $h(a, n)$ 、 $m(a, n)$ は製品 a の第 n 工程である工程 $P(a, n)$ と処理内容が同じである工程において共通な定数であり、 $Tw2(P(a, n), P(i, j))$ は、工程 $P(a, n)$ を処理する製造装置がバッチ処理可能な場合には、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻と工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻との時間差であり、工程 $P(a, n)$ を処理する製造装置がバッチ処理できず、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻が工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻よりも早い場合には、工程 $P(a, n)$ の処理終了時刻と工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻との時間差であり、工程 $P(a, n)$ を処理する製造装置がバッチ処理できず、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻が工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻よりも遅い場合には、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻と工程 $P(i, j)$ の処理終了時刻との時間差であり、 $\delta(P$

(a, n) 、 $P(i, j)$) は、工程 $P(a, n)$ の処理条件と工程 $P(i, j)$ の処理条件とが等しい場合には 1 であり、異なる場合には 0 であり、 $f(a, n)$ は、定数又は工程 $P(a, n)$ と処理条件が同じ工程の数の増加に伴って大きくなる関数である) を設定した後、前記変数 $F(a, n)$ の絶対値が予め設定した 0 以上の定数 F_{max} よりも小さくなるように各工程の処理開始時刻および処理終了時刻を決定して初期製造計画を立案する初期製造計画立案工程と、前記初期製造計画立案工程において立案された初期製造計画を該初期製造計画が予め設定した制約条件に違反しないように修正する制約条件解消工程とを備えていることを特徴とする製造計画立案方法。

【請求項3】 製造ラインに投入される製品の製造計画を立案する製造計画立案方法であって、すべての製造工程に、
【数3】

$$F(a, n) = k(a, n) \times (Tave^*(a, n) - Tw1(a, n)) - k(a, n+1) (Tave^*(a, n+1) - Tw1(a, n+1))$$

$$+ \sum_{i=1}^A \sum_{j=1}^{N(i)} \delta(P(a, n), P(i, j)) \times f3^*(P(a, n), P(i, j)) \times \cos \Theta(P(a, n), P(i, j)) / f(a, n)$$

但し

$$\cos \Theta(P(a, n), P(i, j)) = \frac{Tw2(P(a, n), P(i, j))}{\sqrt{Tw2(P(a, n), P(i, j))^2 + h(a, n)^2}}$$

$$f3^*(P(a, n), P(i, j)) = \frac{G(a, n)}{(Tw2(P(a, n), P(i, j))^2 + h(a, n)^2)^{m(a, n)}}$$

$$Tave^*(a, n) = Tave(a, n) \quad (Te(a, N(a)) \leq Tout(a) \text{ の場合})$$

$$= Tave(a, n) - \{Te(a, N(a)) - Tout(a)\} / E(a) \quad (Te(a, N(a)) > Tout(a) \text{ の場合})$$

によって定義される変数 $F(a, n)$ (但し、 $k(a, n)$ は製品 a の第 n 工程である工程 $P(a, n)$ に設定する定数であり、 $Tave(a, n)$ は過去の処理実績から求めた工程 $P(a, n)$ と同じ工程の平均待ち時間であり、 $Tw1(a, n)$ は工程 $P(a, n-1)$ の処理終了時刻から工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻までの時間差である処理待ち時間であり、 A は製品の数であり、 $N(i)$ は製品 i の工程数であり、 $G(a, n)$ 、 $h(a, n)$ 、 $m(a, n)$ は工程 $P(a, n)$ と処理内容が同じである工程において共通な定数であり、 $Tw2(P(a, n), P(i, j))$ は、工程 $P(a, n)$ を処理する製造装置がバッチ処理可能な場合には、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻と工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻との時間差であり、工程 $P(a, n)$ を処理する製造装置がバッチ処理できず、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻が工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻よりも早い場合には、工程 $P(a, n)$ の処理終了時刻と工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻との時間差であり、工程 $P(a, n)$ を処理する製造装置がバッチ処理できず、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻が工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻よりも遅い場合には、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻と工程 $P(i, j)$ の処理終了時刻との時間差であり、 $\delta(P(a, n), P(i, j))$ は、工程 *

* $P(a, n)$ の処理条件と工程 $P(i, j)$ の処理条件とが等しい場合には 1 であり、異なる場合には 0 であり、 $f(a, n)$ は、定数又は工程 $P(a, n)$ と処理条件が同じ工程の数の増加に伴って大きくなる関数であり、 $Te(a, N(a))$ は最終工程 $P(a, N(a))$ の終了時刻であり、 $Tout(a)$ は製品 a の目標納期であり、 $E(a)$ は製品 a の未処理の工程数である) を設定した後、前記変数 $F(a, n)$ の絶対値が予め設定した 0 以上の定数 F_{max} よりも小さくなるように各工程の処理開始時刻および処理終了時刻を決定して初期製造計画を立案する初期製造計画立案工程と、前記初期製造計画立案工程において立案された初期製造計画を該初期製造計画が予め設定した制約条件に違反しないように修正する制約条件解消工程とを備えていることを特徴とする製造計画立案方法。

【請求項 4】 製造ライン上の製造装置の稼働情報や製品の仕掛かり情報等のライン情報を取り込むライン情報取り込み手段と、

前記ライン情報取り込み手段によって取り込まれたライン情報を基に、製品 a の第 n 工程である工程 $P(a, n)$ のうち未処理の工程の処理開始時刻 $Ts(a, n)$ および処理終了時刻 $Te(a, n)$ を

【数 4】

$$Ts(a, n) = Te(a, n-1) + Tave(a, n)$$

$$(Te(a, N(a)) \leq Tout(a) \text{ の場合})$$

$$= Te(a, n-1) + Tave(a, n) - \{Te(a, N(a)) - Tout(a)\} / E(a) \quad (Te(a, N(a)) > Tout(a) \text{ の場合})$$

$$Te(a, n) = Ts(a, n) + T(a, n)$$

(但し、 $Tave(a, n)$ は過去の処理実績から求めた工程 $P(a, n)$ と同じ工程の平均待ち時間であり、 $N(a)$ は製品 a の最終工程であり、 $Te(a, N(a))$ は最終工程 $P(a, N(a))$ の終了時刻であり、 $Tout(a)$ は製品 a の目標納期であり、 $E(a)$

は製品 a の未処理の工程数であり、 $T(a, n)$ は製品 a の第 n 工程の処理時間である) を用いて求める工程割付手段と、

未処理の工程の各変数 $F(a, n)$ を、

【数 5】

$$F(a, n) = k(a, n) \times \{Tave^*(a, n) - Twl(a, n)\} - k(a, n+1) \{Tave^*(a, n+1) - Twl(a, n+1)\}$$

$$+ \sum_{i=1}^A \sum_{j=1}^{N(i)} \delta(P(a, n), P(i, j)) \times f3^*(P(a, n), P(i, j)) \times \cos \Theta(P(a, n), P(i, j)) / f(a, n)$$

但し

$$\cos \Theta(P(a, n), P(i, j)) = \frac{Tw2(P(a, n), P(i, j))}{\sqrt{Tw2(P(a, n), P(i, j))^2 + h(a, n)^2}}$$

$$f3^*(P(a, n), P(i, j)) = \frac{G(a, n)}{\{Tw2(P(a, n), P(i, j))^2 + h(a, n)^2\}^m(a, n)}$$

$$Tave^*(a, n) = Tave(a, n) \quad (Te(a, N(a)) \leq Tout(a) \text{ の場合})$$

$$= Tave(a, n) - \{Te(a, N(a)) - Tout(a)\} / E(a) \quad (Te(a, N(a)) > Tout(a) \text{ の場合})$$

$$Twl(a, n) = Ts(a, n) - Te(a, n-1)$$

(但し、 $k(a, n)$ は工程 $P(a, n)$ に設定する定数であり、 $Tave(a, n)$ は過去の処理実績から求めた工程 $P(a, n)$ と同じ工程の平均待ち時間であり、 $Twl(a, n)$ は工程 $P(a, n-1)$ の処理終了時刻から工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻までの時間差である処理待ち時間であり、 A は製品の数であり、 $N(i)$ は製品 i の工程数であり、 $G(a, n)$ 、 $h(a, n)$ 、 $m(a, n)$ は工程 $P(a, n)$ と処理内容が同じである工程において共通な定数であり、 $Tw2(P(a, n), P(i, j))$ は、工程 $P(a, n)$ を処理する製造装置がバッチ処理可能な場合には、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻と工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻との時間差であり、工程 $P(a, n)$ を処理する製造装置がバッチ処理できず、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻が工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻よりも早い場合には、工程 $P(a, n)$ の処理終了時刻と工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻との時間差であり、工程 $P(a, n)$ を処理する製造装置がバッチ処理できず、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻が工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻よりも遅い場合には、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻と工程 $P(i, j)$ の処理終了時刻との時間差であり、 $\delta(P(a, n), P(i, j))$ は、工程 $P(a, n)$ の処理条件と工程 $P(i, j)$ の処理条件が等しい場合には 1 であり、異なる場合には 0 であり、 $f(a, n)$ は、定数又は工程 $P(a, n)$ と処理条件 *

* が同じ工程の数の増加に伴って大きくなる関数であり、
20 $Te(a, N(a))$ は最終工程 $P(a, N(a))$ の終了時刻であり、 $Tout(a)$ は製品 a の目標納期であり、 $E(a)$ は製品 a の未処理の工程数である) を用いて求める変数計算手段と、

前記変数計算手段により求めた変数 $F(a, n)$ の絶対値が大きい工程から順に各工程に対して、前記変数 F

(a, n) が予め定めた定数 F_{max} 以下になる時刻に処理を開始するように前記処理開始時刻 $Ts(a, n)$ および処理終了時刻 $Te(a, n)$ を変更して初期製造計画を作成する工程移手段と、

30 前記工程移手段が作成した初期製造計画を該初期製造計画が予め設定した制約条件に違反しないように修正して製造計画を立案する制約条件解消手段とを備えていることを特徴とする製造計画立案装置。

【請求項 5】 製造ライン上の製造装置の稼働情報や製品の仕掛かり情報等のライン情報を取り込むライン情報取り込み手段と、

前記ライン情報が更新された場合に更新されたライン情報を取り込むライン更新情報取り込み手段と、

前記ライン情報取り込み手段によって取り込まれたライン情報を基に、製品 a の第 n 工程である工程 $P(a, n)$ のうち未処理の工程の処理開始時刻 $Ts(a, n)$ および処理終了時刻 $Te(a, n)$ を、

【数 6】

$$Ts(a, n) = Te(a, n-1) + Tave(a, n) \quad (Te(a, N(a)) \leq Tout(a) \text{ の場合})$$

$$= Te(a, n-1) + Tave(a, n) - \{Te(a, N(a)) - Tout(a)\} / E(a) \quad (Te(a, N(a)) > Tout(a) \text{ の場合})$$

$$Te(a, n) = Ts(a, n) + T(a, n)$$

(但し、 $Tave(a, n)$ は過去の処理実績から求めた工程 $P(a, n)$ と同じ工程の平均待ち時間であり、 N

50 (a) は製品 a の最終工程であり、 $Te(a, N(a))$ は最終工程 $P(a, N(a))$ の終了時刻であ

り、 $T_{out}(a)$ は製品 a の目標納期であり、 $E(a)$ は製品 a の未処理の工程数であり、 $T(a, n)$ は製品 a の第 n 工程の処理時間である) を用いて求める工程割 *

* 付手段と、
未処理の製造工程の各変数 $F(a, n)$ を
【数 7】

$$F(a, n) = k(a, n) \times \{Tave'(a, n) - Twl(a, n)\} - k(a, n+1) \{Tave'(a, n+1) - Twl(a, n+1)\} \\ + \sum_{i=1}^A \sum_{j=1}^{N(i)} \delta(P(a, n), P(i, j)) \times f3'(P(a, n), P(i, j)) \times \cos \Theta(P(a, n), P(i, j)) / f(a, n)$$

但し

$$\cos \Theta(P(a, n), P(i, j)) = \frac{Tw2(P(a, n), P(i, j))}{\sqrt{Tw2(P(a, n), P(i, j))^2 + h(a, n)^2}}$$

$$f3'(P(a, n), P(i, j)) = \frac{G(a, n)}{\{Tw2(P(a, n), P(i, j))^2 + h(a, n)^2\}^{m(a, n)}}$$

$$Tave'(a, n) = Tave(a, n) \quad (Te(a, N(a)) \leq T_{out}(a) \text{ の場合})$$

$$= Tave(a, n) - \{Te(a, N(a)) - T_{out}(a)\} / E(a) \quad (Te(a, N(a)) > T_{out}(a) \text{ の場合})$$

$$Twl(a, n) = Ts(a, n) - Te(a, n-1)$$

(但し、 $k(a, n)$ は工程 $P(a, n)$ に設定する定数であり、 $Twl(a, n)$ は工程 $P(a, n-1)$ の処理終了時刻から工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻までの時間差である処理待ち時間であり、 A は製品の数であり、 $N(i)$ は製品 i の工程数であり、 $G(a, n)$ 、 $h(a, n)$ 、 $m(a, n)$ は工程 $P(a, n)$ と処理内容が同じである工程において共通な定数であり、 $Tw2(P(a, n), P(i, j))$ は、工程 $P(a, n)$ を処理する製造装置がバッチ処理可能な場合には、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻と工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻との時間差であり、工程 $P(a, n)$ を処理する製造装置がバッチ処理できず、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻が工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻よりも早い場合には、工程 $P(a, n)$ の処理終了時刻と工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻との時間差であり、工程 $P(a, n)$ を処理する製造装置がバッチ処理できず、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻が工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻よりも遅い場合には、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻と工程 $P(i, j)$ の処理終了時刻との時間差であり、 $\delta(P(a, n), P(i, j))$ は、工程 $P(a, n)$ の処理条件と工程 $P(i, j)$ の処理条件が等しい場合には 1 であり、異なる場合には 0 であり、 $f(a, n)$ は、定数又は工程 $P(a, n)$ と処理条件が同じ工程の数の増加に伴って大きくなる関数である) を用いて求める変数計算手段と、

前記変数計算手段が求めた変数 $F(a, n)$ の絶対値が大きい工程から順に各工程に対して、前記変数 $F(a, n)$ が予め定めた定数 F_{max} 以下になる時刻に処理を開始するように前記処理開始時刻 $Ts(a, n)$ および処

理終了時刻 $Te(a, n)$ を変更して初期製造計画を作成する工程移動手段と、

前記工程移動手段が作成した初期製造計画を複製することにより 2 つの初期製造計画を作成する初期製造計画複製手段と、

前記初期製造計画複製手段が作成した 2 つの初期製造計画のうちの一の初期製造計画を該一の初期製造計画が予め設定した制約条件に違反しないように修正して製造計画を立案する制約条件解消手段とを備え、

前記工程割付手段は、前記ライン更新情報取り込み手段によって取り込まれた更新されたライン情報および前記初期製造計画複製手段が作成した 2 つの初期製造計画のうちの他の初期製造計画を基に前記【数 6】を用いて更新の必要がある製造工程の処理開始時刻 $Ts(a, n)$ および処理終了時刻 $Te(a, n)$ を求める機能を有し、

前記変数計算手段は更新の必要がある製造工程の変数 $F(a, n)$ を前記【数 7】を用いて求める機能を有することを特徴とする製造計画立案装置。

【請求項 6】 前記制約条件解消手段が立案した製造計画における各製造工程の処理開始時刻 $Ts(a, n)$ および処理終了時刻 $Te(a, n)$ を、前記製造計画が前記制約条件に違反しない範囲内において早める前詰め手段をさらに備えていることを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の製造計画立案装置。

【請求項 7】 前記工程割付手段が前記変数 $F(a, n)$ を求めた後に前記変数計算手段により前記変数 $F(a, n)$ を再度求めるか否かを判断し、前記変数 $F(a, n)$ を再度求めると判断したときには、前記変数

30

40

50

F (a, n) を前記変数計算手段により再度求めさせた後、再度求められた変数 F (a, n) が予め定めた定数 F_{max} 以下になるような時刻に処理を開始するよう前記工程移動手段に前記処理開始時刻 T_s(a, n) および処理終了時刻 T_e (a, n) を再度変更させて前記初期製造計画を作成させる一方、前記変数 F (a, n) を再度求めないと判断したときには、前記工程割付手段が作成した前記初期製造計画を該初期製造計画が予め設定した制約条件に違反しないように前記制約条件解消手段に修正させて前記製造計画を立案させる初期製造計画立案時間チェック手段をさらに備えていることを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の製造計画立案装置。

【請求項 8】 前記工程割付手段が求めた前記処理開始時刻 T_s (a, n) および処理終了時刻 T_e (a, n) により定まる処理期間中に製品 a の第 n 工程を処理する処理装置がダウン状態にある場合、製品 a の第 n 工程を前記処理装置のダウン期間の前又は後に移動させる手段をさらに備えていることを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の製造計画立案装置。

【請求項 9】 前記【数 5】における定数 k (a, n)、定数 m (a, n) および定数 h (a, n) を任意の初期値に設定する初期設定手段と、前記初期値と異なる他の値を選択する定数選択手段と、前記定数 k (a, n)、定数 m (a, n) および定数 h (a, n) を前記初期値から前記他の値に変更して変更値を設定する定数値変更手段とを有する定数設定手段と、前記制約条件解消手段が立案した製造計画の妥当性を評価する製造計画評価手段と、前記定数設定手段が行なう処理の時間が予め定められた定数設定時間の範囲内であるか否かを判断し、前記処理の時間が前記定数設定時間よりも小さければ前記定数設定手段に処理を続行させる一方、前記処理の時間が前記設定時間以上であれば前記定数設定手段に処理を終了させる定数設定時間チェック手段とをさらに備え、前記変数計算手段は前記初期設定値が設定する初期値および前記定数値変更手段が設定する変更値に基づき前記【数 5】を用いて前記各変数 F (a, n) を求める機能を有していることを特徴とする請求項 4 に記載の製造計画立案装置。

【請求項 10】 前記【数 7】における定数 k (a, n)、定数 m (a, n) および定数 h (a, n) を任意の初期値に設定する初期設定手段と、前記初期値と異なる他の値を選択する定数選択手段と、前記定数 k (a, n)、定数 m (a, n) および定数 h (a, n) を前記初期値から前記他の値に変更して変更値を設定する定数値変更手段とを有する定数設定手段と、前記制約条件解消手段が立案した製造計画の妥当性を評価する製造計画評価手段と、前記定数設定手段が行なう処理の時間が予め定められた定数設定時間の範囲内であるか否かを判断し、前記処理

の時間が前記定数設定時間よりも小さければ前記定数設定手段に処理を続行させる一方、前記処理の時間が前記設定時間以上であれば前記定数設定手段に処理を終了させる定数設定時間チェック手段とをさらに備え、

前記変数計算手段は前記初期設定値が設定する初期値および前記定数値変更手段が設定する変更値に基づき前記【数 7】を用いて前記各変数 F (a, n) を求める機能を有していることを特徴とする請求項 5 に記載の製造計画立案装置。

10 【請求項 11】 各工程の処理に使用する処理装置が複数ある場合に、該複数の処理装置のうちから各工程の処理に最適な処理装置を選択する処理装置選択手段をさらに備えていることを特徴とする請求項 4 又は 5 に記載の製造計画立案装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、製品の製造計画を作成する製造計画立案方法および製造計画立案装置に関し、特に、処理条件が同じである複数の製品を 1 つの製造装置で一括処理するバッチ処理と製品毎に処理を行なう非バッチ処理とが混在する製造ラインの製造計画の立案に有効な製造計画立案方法および製造計画立案装置に関する。

【0002】

【従来の技術】製品の製造計画を作成する製造計画立案方法としては、現在、①シミュレーテッド・アニール法（参考文献 松葉（日立製作所）：シミュレーテッドアニール法とその応用、電気学会(1988)）、②遺伝アルゴリズム（参考文献 西川（京都大学）：GA のスケジューリング問題への応用、計測と制御 第 32 巻 第 1 号(1993)）等のように、最適化アルゴリズムやシミュレーションベースの製造計画立案方法が研究されている。

【0003】以下、シミュレーテッド・アニール法を用いた従来の製造計画立案方法を、図 29 に示したフローチャート図を参照しながら説明する。

【0004】図 29 は、最適化アルゴリズムを用いた従来の製造計画立案方法のフローチャート図である。

【0005】まず、ステップ 501 において、初期製造計画として暫定案を作成した後、ステップ 502 において、暫定案と比べて工程の一部が異なっている製造計画案を立案する。

【0006】次に、ステップ 503 において、製造計画案および暫定案の精度を目的関数を用いて評価し、精度の高い方を新たな暫定案として記憶する。目的関数は製造計画の精度を数値で表わすときに使用する関数であって、例えば目的関数を、 $f(x, y, z) = 2x + 3y + 3/z$ （但し、 x ：待ち時間、 y ：制約違反数、 z ：過去 1 カ月間の総処理工程数）とすれば、関数値 f

50 (x, y, z) が小さい程製造計画の精度が良いと判断

する。

【0007】次に、ステップ504において、製造計画案の評価後、再度製造計画を立案するか否かを定める。製造計画の立案開始から現在までの時間 t が予め設定した最終時刻（例えば3時間）を越えていない場合には、ステップ502に戻って、新たな製造計画案を再び立案する。そして、時間 t が最終時刻を越えた場合には製造計画の立案を終了する。

【0008】以下、シミュレーションベースの製造計画立案方法を、図30および図31を用いて説明する。図30はシミュレーションベースの製造計画立案方法の概要を示すフローチャート図を示し、図31はディスパッチングルール格納テーブルの一例を示しており、各製造装置にディスパッチングルールが1つずつ設定されている。

【0009】まず、ステップ601において、製造計画の立案開始時には、立案開始時刻 $t = t_0$ を設定する。

【0010】次に、ステップ602において、時刻 t が予め設定されている最終時刻に達しているか否かを判断し、達していると判断する場合には製造計画の立案を終了する。時刻 t が最終時刻に達していないと判断すると、ステップ603において、時刻 t での処理待ち工程の有無を調べ、処理待ち工程が存在する場合にはステップ604において工程の整列を行なう。処理待ち工程が存在しない場合にはステップ605において時刻 t を α （ α ：単位時間、例えば1分）進め、再び処理待ち工程の有無を調べる。以上の操作を製造計画の立案が終了するまで行なう。

【0011】ステップ604の工程の整列においては、処理待ち工程で処理を行なう製造装置のディスパッチングルールを検索し、検索したディスパッチングルールを基に処理待ち工程の中から処理優先度が最も高い工程を求め、処理開始時刻および処理終了時刻を決定する。ステップ604の工程の整列が終了すると、ステップ605において時刻 t を α だけ進め、ステップ602におい*

*て、最終時刻との比較を行ない、製造計画の立案を継続するか又は終了するかを決定する。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、最適化アルゴリズムを用いる製造計画立案方法は、工程の組合せにより最適化を行なう方法であるため、製造計画案の再立案回数が膨大になり、製造計画を立案するのに半日から10日もかかり、短時間で製造計画を立案することができなかった。

10 【0013】また、シミュレーションベースの製造計画立案方法は、時刻 t を初期時刻 t_0 から α ずつ進めていき、それぞれの時刻 t において処理待ち状態の製品がある場合には処理開始時刻および処理終了時刻を設定していく。したがって、現在処理待ち状態にある第1の製品と処理内容が同じである第2の製品が何時間後に同じ製造装置に到達するかということが分からないので、現在処理待ち状態にある工程を第2の製品が到達するまで待つて第1の製品と第2の製品とを同時にバッチ処理させることができない。また、バッチ処理を組むことによって空いた時間に他の製品の処理を行ない、単位時間（例えば1カ月）当りの処理工程数を増加させ、製品のTATが短縮した製造計画を立案することができなかった。

【0014】ここで、バッチ処理とは処理条件が同じ複数の製品を1つの製造装置で一括処理することであり、非バッチ処理とは製品を1つ1つ処理することである。

【0015】本発明は、前記問題点に鑑み、バッチ処理が可能でTATを短縮することができる製造計画を短時間で立案できるようにすることを目的とする。

【0016】

30 【課題を解決するための手段】前記の目的を達成するため、請求項1の発明が講じた解決手段は、製造ラインに投入される製品の製造計画を立案する製造計画立案方法を対象とし、すべての製造工程に

【数8】

$$F(a, n) = k(a, n) \times \{Tave'(a, n) - Twl(a, n)\} - k(a, n+1) \{Tave'(a, n+1) - Twl(a, n+1)\} \quad \dots (1)$$

但し、

$$Tave'(a, n) = Tave(a, n)$$

$$= Tave(a, n) - \{Te(a, N(a)) - Tout(a)\} / E(a)$$

$(Te(a, N(a)) < Tout(a))$ の場合

$(Te(a, N(a)) > Tout(a))$ の場合

によって定義される変数 $F(a, n)$ （但し、 $N(a)$ は製品 a の工程数であり、 $k(a, n)$ は製品 a の第 n 工程である工程 $P(a, n)$ に設定する定数であり、 $Tave(a, n)$ は過去の処理実績から求めた工程 $P(a, n)$ と同じ工程の平均待ち時間であり、 $Twl(a, n)$ は工程 $P(a, n-1)$ の処理終了時刻から工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻までの時間差である処理待ち時間であり、 $Te(a, N(a))$ は最終工程 $P(a, N(a))$ の終了時刻であり、 $Tout(a)$ は製

品 a の目標納期であり、 $E(a)$ は製品 a の未処理の工程数である）を設定した後、前記変数 $F(a, n)$ の絶対値が予め設定した0以上の定数 F_{max} よりも小さくなるように各工程の処理開始時刻および処理終了時刻を決定して初期製造計画を立案する初期製造計画立案工程と、前記初期製造計画立案工程において立案された初期製造計画を該初期製造計画が予め設定した制約条件に違反しないように修正する制約条件解消工程とを備えている構成とするものである。

【0017】請求項1の構成により、(1)式の第1項は、工程P(a, n)の処理待ち時間Tw1(a, n)が平均待ち時間Tave(a, n)よりも長くなるほど負の大きな値になり、処理待ち時間Tw1(a, n)が平均待ち時間Tave(a, n)よりも短くなるほど正の大きな値になる。また、(1)式の第2項は、工程P(a, n+1)の処理待ち時間Tw1(a, n+1)が平均待ち時間Tave(a, n+1)よりも長くなるほど負の大きな値になり、処理待ち時間Tw1(a, n+1)が平均待ち*

*時間Tave(a, n)よりも短くなるほど正の大きな値になる。従って、(1)式の変数F(a, n)は、各工程の処理待ち時間Tw1(a, n)が平均待ち時間Tave(a, n)に近いほど0に近い値になる。

【0018】請求項2の発明が講じた解決手段は、製造ラインに投入される製品の製造計画を立案する製造計画立案方法を対象とし、すべての製造工程に、

【数9】

$$F(a, n) = \sum_{i=1}^A \sum_{j=1}^N \delta(P(a, n), P(i, j)) \times f3(P(a, n), P(i, j)) \times \cos \theta(P(a, n), P(i, j)) / f(a, n) \quad \dots (2)$$

但し

$$\cos \theta(P(a, n), P(i, j)) = \frac{Tw2(P(a, n), P(i, j))}{\sqrt{Tw2(P(a, n), P(i, j))^2 + h(a, n)^2}}$$

$$f3(P(a, n), P(i, j)) = \frac{G(a, n)}{\{Tw2(P(a, n), P(i, j))^2 + h(a, n)^2\}^{m(a, n)}}$$

によって定義される変数F(a, n) (但し、Aは製品の数であり、N(i)は製品iの工程数であり、G(a, n)、m(a, n)およびh(a, n)は製品aの第n工程である工程P(a, n)と処理内容が同じである工程において共通な定数であり、Tw2(P(a, n), P(i, j))は、工程P(a, n)を処理する製造装置がバッチ処理可能な場合には、工程P(a, n)の処理開始時刻と工程P(i, j)の処理開始時刻との時間差であり、工程P(a, n)を処理する製造装置がバッチ処理できず、工程P(a, n)の処理開始時刻が工程P(i, j)の処理開始時刻よりも早い場合には、工程P(a, n)の処理終了時刻と工程P(i, j)の処理開始時刻との時間差であり、工程P(a, n)を処理する製造装置がバッチ処理できず、工程P(a, n)の処理開始時刻が工程P(i, j)の処理開始時刻よりも遅い場合には、工程P(a, n)の処理開始時刻と工程P(i, j)の処理終了時刻との時間差であり、δ(P(a, n), P(i, j))は、工程P(a, n)の処理条件と工程P(i, j)の処理条件が等しい場合には1であり、異なる場合には0であり、f(a, n)は、定数又は工程P(a, n)と処理条件が同じ工程の数の増加に伴って大きくなる関数である)を設定した後、前記変数F(a, n)の絶対値が予め設定した0以上の定数Fmaxよりも小さくなるように各工程

の処理開始時刻および処理終了時刻を決定して初期製造計画を立案する初期製造計画立案工程と、前記初期製造計画立案工程において立案された初期製造計画を該初期製造計画が予め設定した制約条件に違反しないように修正する制約条件解消工程とを備えている構成とするものである。

【0019】請求項2の構成により、工程P(a, n)よりも前に工程P(a, n)と処理内容が同じである工程P(i, j)がある場合、(2)式の変数F(a, n)は、処理内容が同じである前記2つの工程の処理開始時刻の差が、h(a, n)を境にして0に近いほど小さな値になる(図28を参照)。また、工程P(a, n)よりも後に工程P(a, n)と処理内容が同じである工程P(i, j)がある場合、(2)式の変数F

(a, n)は、工程P(a, n)の処理終了時刻と工程P(i, j)の処理開始時刻との差が、h(a, n)を境にして0に近くなる(図28を参照)。従って(2)式の変数F(a, n)は、工程P(a, n)と処理内容が同じである工程が、h(a, n)を境にして工程P(a, n)の付近に存在するほど小さな値になる。

【0020】請求項3の発明が講じた解決手段は、製造ラインに投入される製品の製造計画を立案する製造計画立案方法を対象とし、すべての製造工程に、

【数10】

$$F(a, n) = k(a, n) \times (Tave'(a, n) - Twl(a, n)) - k(a, n+1) (Tave'(a, n+1) - Twl(a, n+1)) \\ + \sum_{i=1}^A \sum_{j=1}^{N(i)} \delta(P(a, n), P(i, j)) \times f3'(P(a, n), P(i, j)) \times \cos \Theta(P(a, n), P(i, j)) / f(a, n) \quad \dots (3)$$

但し

$$\cos \Theta(P(a, n), P(i, j)) = \frac{Tw2(P(a, n), P(i, j))}{\sqrt{Tw2(P(a, n), P(i, j))^2 + h(a, n)^2}} \\ f3'(P(a, n), P(i, j)) = \frac{G(a, n)}{(Tw2(P(a, n), P(i, j))^2 + h(a, n)^2)^{m(a, n)}} \\ Tave'(a, n) = Tave(a, n) \quad (Te(a, N(a)) \leq Tout(a) \text{ の場合}) \\ = Tave(a, n) - (Te(a, N(a)) - Tout(a)) / E(a) \quad (Te(a, N(a)) > Tout(a) \text{ の場合})$$

によって定義される変数 $F(a, n)$ (但し、 $k(a, n)$ は製品 a の第 n 工程である工程 $P(a, n)$ に設定する定数であり、 $Tave(a, n)$ は過去の処理実績から求めた工程 $P(a, n)$ と同じ工程の平均待ち時間であり、 $Twl(a, n)$ は工程 $P(a, n-1)$ の処理終了時刻から工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻までの時間差である処理待ち時間であり、 A は製品の数であり、 $N(i)$ は製品 i の工程数であり、 $G(a, n)$ 、 $h(a, n)$ および $m(a, n)$ は工程 $P(a, n)$ と処理内容が同じである工程において共通な定数であり、 $Tw2(P(a, n), P(i, j))$ は、工程 $P(a, n)$ を処理する製造装置がバッチ処理可能な場合には、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻と工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻との時間差であり、工程 $P(a, n)$ を処理する製造装置がバッチ処理できず、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻が工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻よりも早い場合には、工程 $P(a, n)$ の処理終了時刻と工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻との時間差であり、工程 $P(a, n)$ を処理する製造装置がバッチ処理できず、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻が工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻よりも遅い場合には、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻と工程 $P(i, j)$ の処理終了時刻との時間差であり、 $\delta(P(a, n), P(i, j))$ は、工程 $P(a, n)$ の処理条件と工程 $P(i, j)$ の処理条件が等しい場合には 1 であり、異なる場合には 0 であり、 $f(a, n)$ は、工程 $P(a, n)$ と処理条件が同 *

* j 工程の数の関数であり、 $Te(a, N(a))$ は最終工程 $P(a, N(a))$ の終了時刻であり、 $Tout(a)$ は製品 a の目標納期であり、 $E(a)$ は製品 a の未処理の工程数である) を設定した後、前記変数 $F(a, n)$ の絶対値が予め設定した 0 以上の定数 F_{max} よりも小さくなるように各工程の処理開始時刻および処理終了時刻を決定して初期製造計画を立案する初期製造計画立案工程と、前記初期製造計画立案工程において立案された初期製造計画を該初期製造計画が予め設定した制約条件に違反しないように修正する制約条件解消工程とを備えている構成とするものである。

【0021】請求項 3 の構成により、請求項 1 および 2 と同様の作用が得られるので、(3) 式の変数 $F(a, n)$ は、各工程の処理待ち時間 $Twl(a, n)$ が平均待ち時間 $Tave(a, n)$ に近いほど 0 に近い値になり、工程 $P(a, n)$ と処理内容が同じである工程が工程 $P(a, n)$ の付近に存在すればするほど 0 に近い値になる。

【0022】請求項 4 の発明が講じた解決手段は、製造計画立案装置を、製造ライン上の製造装置の稼働情報や製品の仕掛かり情報等のライン情報を取り込むライン情報取り込み手段と、前記ライン情報取り込み手段によって取り込まれたライン情報を基に、製品 a の第 n 工程である工程 $P(a, n)$ のうち未処理の工程の処理開始時刻 $Ts(a, n)$ および処理終了時刻 $Te(a, n)$ を【数 11】

$$Ts(a, n) = Ts(a, n-1) + Tave(a, n) \quad (Te(a, N(a)) \leq Tout(a) \text{ の場合}) \\ = Ts(a, n-1) + Tave(a, n) - (Te(a, N(a)) - Tout(a)) / E(a) \quad (Te(a, N(a)) > Tout(a) \text{ の場合}) \quad \dots (4) \\ Ts(a, n) = Ts(a, n) + T(a, n) \quad \dots (5)$$

(但し、 $Tave(a, n)$ は過去の処理実績から求めた工程 $P(a, n)$ と同じ工程の平均待ち時間であり、 $N(a)$ は製品 a の最終工程であり、 $Te(a, N(a))$ は最終工程 $P(a, N(a))$ の終了時刻であ

り、 $Tout(a)$ は製品 a の目標納期であり、 $E(a)$ は製品 a の未処理の工程数であり、 $T(a, n)$ は製品 a の第 n 工程の処理時間である) を用いて求める工程割付手段と、未処理の工程の各変数 $F(a, n)$ を、

【数12】

$$F(a, n) = k(a, n) \times (Tave^*(a, n) - Twl(a, n)) - k(a, n+1) (Tave^*(a, n+1) - Twl(a, n+1)) \\ + \sum_{i=1}^A \sum_{j=1}^{N(i)} \delta(P(a, n), P(i, j)) \times f3^*(P(a, n), P(i, j)) \times \cos \theta(P(a, n), P(i, j)) / f(a, n) \quad \dots (6)$$

但し

$$\cos \theta(P(a, n), P(i, j)) = \frac{Tw2(P(a, n), P(i, j))}{\sqrt{Tw2(P(a, n), P(i, j))^2 + h(a, n)^2}} \\ f3^*(P(a, n), P(i, j)) = \frac{G(a, n)}{(Tw2(P(a, n), P(i, j))^2 + h(a, n)^2)^{m(a, n)}} \\ Tave^*(a, n) = Tave(a, n) \quad (Te(a, N(a)) < Tout(a) \text{の場合}) \\ = Tave(a, n) - (Te(a, N(a)) - Tout(a)) / E(a) \quad (Te(a, N(a)) > Tout(a) \text{の場合}) \\ Twl(a, n) = Ts(a, n) - Te(a, n-1)$$

(但し、 $k(a, n)$ は工程 $P(a, n)$ に設定する定数であり、 $Tave(a, n)$ は過去の処理実績から求めた工程 $P(a, n)$ と同じ工程の平均待ち時間であり、 $Twl(a, n)$ は工程 $P(a, n-1)$ の処理終了時刻から工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻までの時間差である処理待ち時間であり、 A は製品の数であり、 $N(i)$ は製品 i の工程数であり、 $G(a, n)$ 、 $h(a, n)$ 、 $m(a, n)$ は工程 $P(a, n)$ と処理内容が同じである工程において共通な定数であり、 $Tw2(P(a, n), P(i, j))$ は、工程 $P(a, n)$ を処理する製造装置がバッチ処理可能な場合には、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻と工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻との時間差であり、工程 $P(a, n)$ を処理する製造装置がバッチ処理できず、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻が工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻よりも早い場合には、工程 $P(a, n)$ の処理終了時刻と工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻との時間差であり、工程 $P(a, n)$ を処理する製造装置がバッチ処理できず、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻が工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻よりも遅い場合には、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻と工程 $P(i, j)$ の処理終了時刻との時間差であり、 $\delta(P(a, n), P(i, j))$ は、工程 $P(a, n)$ の処理条件と工程 $P(i, j)$ の処理条件が等しい場合には1であり、異なる場合には0であり、 $f(a, n)$ は、工程 $P(a, n)$ と処理条件が同じ工程の数の関数であり、 $Te(a, N(a))$ は最終工程 $P(a, N(a))$ の終了時刻であり、 $Tout(a)$ は製品 a の目標納期であり、 $E(a)$ は製品 a の未処理の工程数である)を用いて求める変数計算手段と、前記変

数計算手段により求めた変数 $F(a, n)$ の絶対値が大きい工程から順に各工程に対して、前記変数 $F(a, n)$ が予め定めた定数 F_{max} 以下になる時刻に処理を開始するように前記処理開始時刻 $Ts(a, n)$ および処理終了時刻 $Te(a, n)$ を変更して初期製造計画を作成する工程移動手段と、前記工程移動手段が作成した初期製造計画を該初期製造計画が予め設定した制約条件に違反しないように修正して製造計画を立案する制約条件解消手段とを備えている構成とするものである。

【0023】請求項4の構成により、最終工程 $P(a, N(a))$ の処理終了時刻が納期 $Tout(a)$ よりも遅い場合には、(4)式によって各工程の処理開始時間が早められる。また、(6)式によって請求項1および2と同様の作用が得られるので変数 $F(a, n)$ は、各工程の処理待ち時間 $Twl(a, n)$ が平均待ち時間 $Tave(a, n)$ に近いほど0に近い値になり、工程 $P(a, n)$ と処理内容が同じである工程が工程 $P(a, n)$ の付近に存在するほど大きな値になる。

【0024】請求項5の発明が講じた解決手段は、製造計画立案装置を、製造ライン上の製造装置の稼働情報や製品の仕掛かり情報等のライン情報を取り込むライン情報取り込み手段と、前記ライン情報が更新された場合に更新されたライン情報を取り込むライン更新情報取り込み手段と、前記ライン情報取り込み手段によって取り込まれたライン情報を基に、製品 a の第 n 工程である工程 $P(a, n)$ のうち未処理の工程の処理開始時刻 $Ts(a, n)$ および処理終了時刻 $Te(a, n)$ を、

【数13】

$$\begin{aligned}
 T_e(a, n) &= T_e(a, n-1) + T_{ave}(a, n) & (T_e(a, N(a)) < T_{out}(a) \text{ の場合}) \\
 &= T_e(a, n-1) + T_{ave}(a, n) - (T_e(a, N(a)) - T_{out}(a)) / E(a) & (T_e(a, N(a)) > T_{out}(a) \text{ の場合}) \quad \dots (7) \\
 T_o(a, n) &= T_s(a, n) + T(a, n) & \dots (8)
 \end{aligned}$$

(但し、 $T_{ave}(a, n)$ は過去の処理実績から求めた工程 $P(a, n)$ と同じ工程の平均待ち時間であり、 $N(a)$ は製品 a の最終工程であり、 $T_e(a, N(a))$ は最終工程 $P(a, N(a))$ の終了時刻であり、 $T_{out}(a)$ は製品 a の目標納期であり、 $E(a) * 10$

* は製品 a の未処理の工程数であり、 $T(a, n)$ (製品 a の第 n 工程の処理時間である) を用いて求める工程割付手段と、未処理の製造工程の各変数 $F(a, n)$ を
【数 1 4】

$$\begin{aligned}
 F(a, n) &= k(a, n) \times \{T_{ave}^-(a, n) - T_{w1}(a, n)\} - k(a, n+1) \{T_{ave}^-(a, n+1) - T_{w1}(a, n+1)\} \\
 &\quad + \sum_{i=1}^A \sum_{j=1}^{N(i)} \delta(P(a, n), P(i, j)) \times f_3^-(P(a, n), P(i, j)) \times \cos \theta(P(a, n), P(i, j)) / f(a, n) \quad \dots (9)
 \end{aligned}$$

但し

$$\begin{aligned}
 \cos \theta(P(a, n), P(i, j)) &= \frac{T_{w2}(P(a, n), P(i, j))}{\sqrt{T_{w2}(P(a, n), P(i, j))^2 + h(a, n)^2}} \\
 f_3^-(P(a, n), P(i, j)) &= \frac{G(a, n)}{(T_{w2}(P(a, n), P(i, j))^2 + h(a, n)^2)^{1/2} \cdot m(a, n)} \\
 T_{ave}^-(a, n) &= T_{ave}(a, n) & (T_e(a, N(a)) < T_{out}(a) \text{ の場合}) \\
 &= T_{ave}(a, n) - (T_e(a, N(a)) - T_{out}(a)) / E(a) & (T_e(a, N(a)) > T_{out}(a) \text{ の場合}) \\
 T_{w1}(a, n) &= T_s(a, n) - T_e(a, n-1)
 \end{aligned}$$

(但し、 $k(a, n)$ は工程 $P(a, n)$ に設定する定数であり、 $T_{w1}(a, n)$ は工程 $P(a, n-1)$ の処理終了時刻から工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻までの時間差である処理待ち時間であり、 A は製品の数であり、 $N(i)$ は製品 i の工程数であり、 $G(a, n)$ 、 $m(a, n)$ および $h(a, n)$ は工程 $P(a, n)$ と処理内容が同じである工程において共通な定数であり、 $T_{w2}(P(a, n), P(i, j))$ は、工程 $P(a, n)$ を処理する製造装置がバッチ処理可能な場合には、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻と工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻との時間差であり、工程 $P(a, n)$ を処理する製造装置がバッチ処理できず、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻が工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻よりも早い場合には、工程 $P(a, n)$ の処理終了時刻と工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻との時間差であり、工程 $P(a, n)$ を処理する製造装置がバッチ処理できず、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻が工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻よりも遅い場合には、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻と工程 $P(i, j)$ の処理終了時刻との時間差であり、 $\delta(P(a, n), P(i, j))$ は、工程 $P(a, n)$ の処理条件と工程 $P(i, j)$ の処理条件が等しい場合には 1 であり、異なる場合には 0 であり、 $f(a, n)$ は、定数又は工程 $P(a, n)$ と処理

条件が同じ工程の数の増加に伴って大きくなる関数である) を用いて求める変数計算手段と、前記変数計算手段が求めた変数 $F(a, n)$ の絶対値が大きい工程から順に各工程に対して、前記変数 $F(a, n)$ が予め定めた定数 F_{max} 以下になる時刻に処理を開始するように前記処理開始時刻 $T_s(a, n)$ および処理終了時刻 $T_e(a, n)$ を変更して初期製造計画を作成する工程移動手段と、前記工程移動手段が作成した初期製造計画を複製することにより 2 つの初期製造計画を作成する初期製造計画複製手段と、前記初期製造計画複製手段が作成した 2 つの初期製造計画のうちの 1 つの初期製造計画を該 1 つの初期製造計画が予め設定した制約条件に違反しないように修正して製造計画を立案する制約条件解消手段とを備え、前記工程割付手段は、前記ライン更新情報取り込み手段によって取り込まれた更新されたライン情報および前記初期製造計画複製手段が作成した 2 つの初期製造計画のうちの他の初期製造計画を基に前記【数 1 3】を用いて更新の必要がある製造工程の処理開始時刻 $T_s(a, n)$ および処理終了時刻 $T_e(a, n)$ を求める機能を有し、前記変数計算手段は更新の必要がある製造工程の変数 $F(a, n)$ を前記【数 1 4】を用いて求める機能を有する構成とするものである。
【0 0 2 5】請求項 5 の構成により、最終工程 $P(a,$

N(a))の処理終了時刻が納期 $T_{out}(a)$ よりも遅い場合には、(4)式によって各工程の処理開始時間が早められる。また、(6)式によって請求項1および2と同様の作用が得られるので変数 $F(a, n)$ は、各工程の処理待ち時間 $T_{wl}(a, n)$ が平均待ち時間 $T_{ave}(a, n)$ に近いほど0に近い値になり、工程P(a, n)と処理内容が同じである工程が工程P(a, n)の付近に存在するほど0に近い値になる。

【0026】また、ライン情報が更新された場合に更新されたライン情報を取り込むライン更新情報取り込み手段と、初期製造計画を複製して2つの初期製造計画を作成する初期製造計画複製手段とを備えていると共に、工程割付手段は、ライン更新情報取り込み手段によって取り込まれた更新されたライン情報を基に更新の必要がある製造工程の処理開始時刻 $T_s(a, n)$ および処理終了時刻 $T_e(a, n)$ を求める機能を有しているため、前回に作成した初期製造計画を修正し、修正された初期製造計画から制約違反を解消して製造計画を立案することができる。

【0027】請求項6の発明は、請求項4又は5の構成に、前記制約条件解消手段が立案した製造計画における各製造工程の処理開始時刻 $T_s(a, n)$ および処理終了時刻 $T_e(a, n)$ を、前記製造計画が前記制約条件に違反しない範囲内において早める前詰め手段をさらに備えているという構成を付加するものである。

【0028】請求項6の構成により、前詰め手段を備えているため、製造計画における各製造工程の処理開始時刻 $T_s(a, n)$ および処理終了時刻 $T_e(a, n)$ を制約条件に違反しない範囲内において早めることができる。

【0029】請求項7の発明は、請求項4又は5の構成に、前記工程割付手段が前記変数 $F(a, n)$ を求めた後に前記変数計算手段により前記変数 $F(a, n)$ を再度求めるか否かを判断し、前記変数 $F(a, n)$ を再度求めると判断したときには、前記変数 $F(a, n)$ を前記変数計算手段により再度求めさせた後、再度求められた変数 $F(a, n)$ が予め定めた定数 F_{max} 以下になるような時刻に処理を開始するよう前記工程移動手段に前記処理開始時刻 $T_s(a, n)$ および処理終了時刻 $T_e(a, n)$ を再度変更させて前記初期製造計画を作成させる一方、前記変数 $F(a, n)$ を再度求めないと判断したときには、前記工程割付手段が作成した前記初期製造計画を該初期製造計画が予め設定した制約条件に違反しないように前記制約条件解消手段に修正させて前記製造計画を立案させる初期製造計画立案時間チェック手段をさらに備えているという構成を付加するものである。

【0030】請求項7の構成により、初期製造計画立案時間チェック手段を備えているため、工程割付手段が変数 $F(a, n)$ を求めた後に、変数 $F(a, n)$ を再度求めるか否かを判断し、立案時間に余裕があると、変数

$F(a, n)$ を再度求め、再度求められた変数 $F(a, n)$ が定数 F_{max} 以下になるような時刻に処理を開始するよう処理開始時刻 $T_s(a, n)$ および処理終了時刻 $T_e(a, n)$ を変更して初期製造計画を作成できる。

【0031】請求項8の発明は、請求項4又は5の構成に、前記工程割付手段が求めた前記処理開始時刻 $T_s(a, n)$ および処理終了時刻 $T_e(a, n)$ により定まる処理期間中に製品aの第n工程を処理する処理装置がダウン状態にある場合、製品aの第n工程を前記処理装置のダウン期間の前又は後に移動させる手段をさらに備えているという構成を付加するものである。

【0032】請求項8の構成により、工程割付手段が求めた処理開始時刻 $T_s(a, n)$ および処理終了時刻 $T_e(a, n)$ により定まる処理期間中に製品aの第n工程を処理する処理装置がダウン状態にある場合、製品aの第n工程を処理装置のダウン期間の前又は後に移動させる手段を備えているため、ダウン状態にある処理装置を予め考慮した初期製造計画を立案することができる。

【0033】請求項9の発明は、請求項4の構成に、前記【数11】における定数 $k(a, n)$ 、定数 $m(a, n)$ および定数 $h(a, n)$ を任意の初期値に設定する初期設定手段と、前記初期値と異なる他の値を選択する定数選択手段と、前記定数 $k(a, n)$ 、定数 $m(a, n)$ および定数 $h(a, n)$ を前記初期値から前記他の値に変更して変更値を設定する定数値変更手段とを有する定数設定手段と、前記制約条件解消手段が立案した製造計画の妥当性を評価する製造計画評価手段と、前記定数設定手段が行なう処理の時間が予め定められた定数設定時間の範囲内であるか否かを判断し、前記処理の時間が前記定数設定時間よりも小さければ前記定数設定手段に処理を続行させる一方、前記処理の時間が前記定数設定時間以上であれば前記定数設定手段に処理を終了させる定数設定時間チェック手段とをさらに備え、前記変数計算手段は前記初期設定値が設定する初期値および前記定数値変更手段が設定する変更値に基づき前記【数12】を用いて前記各変数 $F(a, n)$ を求める機能を有しているという構成を付加するものである。

【0034】請求項10の発明は、請求項5の構成に、前記【数13】における定数 $k(a, n)$ 、定数 $m(a, n)$ および定数 $h(a, n)$ を任意の初期値に設定する初期設定手段と、前記初期値と異なる他の値を選択する定数選択手段と、前記定数 $k(a, n)$ 、定数 $m(a, n)$ および定数 $h(a, n)$ を前記初期値から前記他の値に変更して変更値を設定する定数値変更手段とを有する定数設定手段と、前記制約条件解消手段が立案した製造計画の妥当性を評価する製造計画評価手段と、前記定数設定手段が行なう処理の時間が予め定められた定数設定時間の範囲内であるか否かを判断し、前記処理の時間が前記定数設定時間よりも小さければ前記定数設定手段に処理を続行させる一方、前記処理の時間が前記

設定時間以上であれば前記定数設定手段に処理を終了させる定数設定時間チェック手段とをさらに備え、前記変数計算手段は前記初期設定値が設定する初期値および前記定数値変更手段が設定する変更値に基づき前記【数14】を用いて前記各変数 $F(a, n)$ を求める機能を有しているという構成を付加するものである。

【0035】請求項9又は10の構成により、定数設定手段を備えているため、最適な定数 $k(a, n)$ 、定数 $m(a, n)$ および定数 $h(a, n)$ を設定できるので、変数 $F(a, n)$ を最適化でき、TATが一層短縮された製造計画を短時間に立案することができる。

【0036】請求項11の発明は、請求項4又は5の構成に、各工程の処理に使用する処理装置が複数ある場合に、該複数の処理装置のうちから各工程の処理に最適な処理装置を選択する処理装置選択手段をさらに備えている構成を付加するものである。

【0037】請求項11の構成により、処理装置が複数ある場合に、最適な処理装置例えば平均処理待ち時間が最も短い処理装置や歩留りが最も良い装置を選択することができる。

【0038】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る製造計画立案方法について図1、図2および図3を参照しながら説明する。図1は前記製造計画立案方法を示すフローチャートであり、図2および図3は前記製造計画立案方法における初期製造計画の立案方法を示すタイムチャートであって、同図において横軸は時刻を示している。

【0039】本発明に係る製造計画立案方法は、初期製造計画を立案する初期製造計画立案工程101と、立案した初期製造計画から制約条件に違反した部分を修正して修正製造計画を立案する制約違反解消工程102とを備えている。

【0040】まず、初期製造計画立案工程101において行なう初期製造計画の立案方法について説明する。

【0041】尚、以下の各説明における各略号は次の内容を意味するものとする。

【0042】工程 $P(a, n)$ は製品 a の第 n 工程を意味し、工程 $P(a, N(a))$ は製品 a の最終工程を意味する。

【0043】 $T(a, n)$ は製品 a の第 n 工程の処理時間を意味する。

【0044】 $k(a, n)$ は工程 $P(a, n)$ に設定する定数（疑似ばね定数）である。

【0045】 $Tave(a, n)$ は、過去の処理実績から求めた工程 $P(a, n)$ と同じ工程の平均待ち時間（つまり、工程 $P(a, n-1)$ の終了時刻と工程 $P(a, n)$ の開始時刻との時間差）を意味する。

【0046】 $Twl(a, n)$ は、処理待ち時間、つまり工程 $P(a, n-1)$ の処理終了時刻から工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻までの時間差を意味する。

【0047】 $Ts(a, n)$ は工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻を意味する。

【0048】 $Te(a, n)$ は工程 $P(a, n)$ の処理終了時刻を意味する。

【0049】 $G(a, n)$ は工程 $P(a, n)$ と処理内容が同じである他の工程において共通な定数（疑似万有引力定数）である。

【0050】 $E(a)$ は製品 a の未処理の工程数を意味する。

【0051】 $Tout(a)$ は製品 a の目標納期を意味する。

【0052】 $TW2(P(a, n), P(i, j))$ は、工程 $P(a, n)$ を処理する製造装置がバッチ処理可能な場合には、工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻と工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻との時間差を意味し、工程 $P(a, n)$ を処理する製造装置がバッチ処理できず、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻よりも工程 $P(i, j)$ の処理時刻の方が早い場合には、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻と工程 $P(i, j)$ の処理終了時刻との時間差を意味する。

【0053】 $\delta(P(a, n), P(i, j))$ は、工程 $P(a, n)$ の処理内容と工程 $P(i, j)$ の処理内容が同じ場合は1であり、異なる場合は0となる変数である。

【0054】 $m(a, n)$ および $h(a, n)$ は工程 $P(a, n)$ と処理内容が同じである他の工程において共通な定数である。

【0055】 $f(a, n)$ は、工程 $P(a, n)$ と処理内容が同じ工程の数の関数である。

【0056】 $F(a, n)$ は製品 a の第 n 工程の変数であって、 F_{max} は0以上の定数である。

【0057】 $N(a)$ は製品 a の工程数である。

【0058】 A は製品の数である。

【0059】まず、製造計画の立案の前処理として、全製品の全工程に対し、初期製造計画を立案する際に使用する平均待ち時間 $Tave(a, n)$ 、疑似ばね定数 $k(a, n)$ 、疑似万有引力定数 $G(a, n)$ 、定数 $F_{max} (\geq 0)$ 、定数 $m(a, n) (> 0)$ および定数 $h(a, n)$ を設定する。 $Tave(a, n)$ は、過去の製品の処理実績から求める。 $k(a, n)$ 、 $G(a, n)$ 、 F_{max} 、 $m(a, n)$ 、 $h(a, n)$ は初めは適当な値を設定し、次回以降の製造計画の立案工程においては設定した値を目的関数値が良くなるように更新する。また、 $f(a, n)$ も初めは適当な関数を設定し、次回以降の製造計画の立案工程においては設定した関数を目的関数値が良くなるように更新する。

【0060】初期製造計画立案工程101において、製品毎に各工程の処理開始時刻および処理終了時刻を暫定的に決定する。

50 【0061】まず、図2に基づいて、製品 a の工程の処

理開始時刻および処理終了時刻を決定する方法について説明する。製品 a を製造ラインに投入する場合、工程 $P(a, n)$ の処理待ち時間が $Tave(a, n)$ となるように第 1 工程 $P(a, 1)$ から最終工程 $P(a, N(a))$ までの処理開始時刻および処理終了時刻を決める。

【0062】次に、最終工程 $P(a, N(a))$ の処理終了時刻が納期 $Tout(a)$ よりも遅い場合には、各工程の処理待ち時間 $Twl(a, n)$ を、 $[Twl(a, n) *$

$$F(a, n) = f1(a, n) - f2(a, n) + f3(a, n) \quad \dots (10)$$

但し

$$f1(a, n) = k(a, n) \times (Tave^*(a, n) - Twl(a, n))$$

$$f2(a, n) = k(a, n+1) \times (Tave^*(a, n+1) - Twl(a, n+1))$$

$$f3(a, n) = \sum_{i=1}^A \sum_{j=1}^{N(i)} \delta(P(a, n), P(i, j)) \times f3^*(P(a, n), P(i, j)) \times \cos \Theta(P(a, n), P(i, j)) / f(a, n)$$

$$\cos \Theta(P(a, n), P(i, j)) = \frac{Tw2(P(a, n), P(i, j))}{\sqrt{Tw2(P(a, n), P(i, j))^2 + h(a, n)^2}}$$

$$f3^*(P(a, n), P(i, j)) = \frac{G(a, n)}{(Tw2(P(a, n), P(i, j))^2 + h(a, n)^2)^{m(a, n)}}$$

$$Tave^*(a, n) = Tave(a, n)$$

$$(Te(a, N(a))) \leq Tout(a) \text{ の場合}$$

$$= Tave(a, n) - \{Te(a, N(a)) - Tout(a)\} / E(a) \quad (Te(a, N(a)) > Tout(a) \text{ の場合})$$

【0065】まず、全工程の変数 $F(a, n)$ を計算した後、変数 $F(a, n)$ の絶対値 $|F(a, n)|$ が最も大きい工程を検索し、 $|F(a, n)| \geq Fmax$ の場合、以下の処理を行い、全工程の変数 $F(a, n)$ の絶対値 $|F(a, n)|$ が $Fmax$ よりも小さくなるようにする。

【0066】検索した工程の変数が $F(a, n) > 0$ の場合は、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻および処理終了時刻を単位時間（たとえば 1 分）遅くし、工程 $P(a, n)$ 、工程 $P(a, n-1)$ 、工程 $P(a, n+1)$ および工程 $P(a, n)$ と処理内容が同じ工程すべての工程の変数を計算する。 $F(a, n) < 0$ の場合は、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻および処理終了時刻を単位時間早くし、再度工程 $P(a, n)$ 、工程 $P(a, n-1)$ 、工程 $P(a, n+1)$ および工程 $P(a, n)$ と処理内容が同じ工程すべての工程の変数を計算する。

【0067】再計算した変数 $F(a, n)$ の値の符号（正または負）が変化せず、変数 $F(a, n)$ の絶対値 $|F(a, n)|$ が再計算前の変数の絶対値より小さい場合は、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻および処理終

* - { (最終工程 $P(a, N(a))$ の処理終了時刻) - $Tout(a)$ } / $E(a)$] にして、第 1 工程 $P(a, 1)$ から順に処理開始時刻および処理終了時刻を変更して納期に間に合うようにする。

【0063】全製品の処理開始時刻および処理終了時刻を暫定的に決定した後、全工程に対して、以下の (10) 式により定義される変数 $F(a, n)$ を計算する。

【0064】

【数 15】

了時刻を前記と同様にして変更する。

【0068】以上の操作をすべての工程の変数 $F(a, n)$ が $|F(a, n)| < Fmax$ となるまで又は一定時間行なう。これにより、初期製造計画の立案を完了する。

【0069】以上説明した初期製造計画は、変数 $F(a, n)$ を用いているため、以下に示す 3 つの特徴をもっている。

【0070】(1) 各工程の処理待ち時間が平均待ち時間に近くなる。

【0071】工程 $P(a, n)$ の処理待ち時間 $Twl(a, n)$ が平均待ち時間 $Tave(a, n)$ よりも長くなるほど、(10) 式の $f1(a, n)$ は負の大きな値になり、処理待ち時間 $Twl(a, n)$ が平均待ち時間 $Tave(a, n)$ よりも短くなるほど正の大きな値になる。また、工程 $P(a, n+1)$ の処理待ち時間 $Twl(a, n+1)$ が平均待ち時間 $Tave(a, n+1)$ よりも長くなるほど、(10) 式の $f2(a, n)$ は負の大きな値になり、処理待ち時間 $Twl(a, n+1)$ が平均待ち時間 $Tave(a, n)$ よりも短くなるほど正の大きな値になる。つまり、(10) 式の $\{f1(a, n)$

$-f_2(a, n)$ は各工程の処理待ち時間 $T_{w1}(a, n)$ が平均待ち時間 $T_{ave}(a, n)$ に近いほど 0 に近い値になるので、図 1 の“処理開始時刻、処理終了時刻の更新”によって初期製造計画における各工程の待ち時間は平均待ち時間に近くなる(図 3 を参照)。

【0072】(2) バッチ処理が可能である。

【0073】工程 $P(a, n)$ と処理内容が同じ工程 $P(i, j)$ があり、工程 $P(a, n)$ の処理を行なう製造装置 e がバッチ処理可能な場合には、この 2 つの工程の処理開始時刻の差が $h(a, n)$ よりも短い間において、(10) 式の $f_3(a, n)$ は 0 に近くなる(図 4 を参照)。また、工程 $P(a, n)$ の処理を行なう製造装置 e がバッチ処理ができず、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻が工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻よりも早い場合には、工程 $P(a, n)$ の処理終了時刻と工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻との時間差が $h(a, n)$ よりも短い間では、(10) 式の $f_3(a, n)$ は 0 に近くなる。また、工程 $P(a, n)$ の処理を行なう製造装置 e がバッチ処理ができず、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻が工程 $P(i, j)$ の処理開始時刻よりも遅い場合には、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻と工程 $P(i, j)$ の処理終了時刻との時間差が $h(a, n)$ よりも短い間では、(10) 式の $f_3(a, n)$ は 0 に近くなるため、図 1 の“処理開始時刻、処理終了時刻の更新”によって、初期製造計画において処理内容が同一である工程が近くにある場合にバッチ処理を効率的に行なうことができる。

【0074】(3) 納期を守ることができる。

【0075】「処理開始時刻、処理終了時刻の暫定的決定」で納期を考慮しているので、初期製造計画も納期を守るものとなっている。

【0076】ここで、変数 $F(a, n)$ の第 3 項の $f_3(a, n)$ における $f(a, n)$ は定数でもよいが、 $f(a, n)$ を定数にしてしまうと、処理内容が同じ工程の数が極端に多い工程の $f_3(a, n)$ が大きな値になってしまい、処理内容が同じ工程が極端に多い工程の処理開始時刻および処理終了時刻ばかりが更新されてしまう。そこで、前記の関数 $f(a, n)$ を、図 5 に示すように、工程 $P(a, n)$ と処理内容が同じ工程の数が多くなるほど大きな値になるようにして、処理内容が同じ工程の数が極端に多い工程の $f_3(a, n)$ を小さくすることにより、すべての工程の処理開始時刻および処理終了時刻の更新が行えるようにすることが好ましい。

【0077】次に、制約違反解消工程 102 において行なう前記初期製造計画から制約違反を解消する第 1 の方法について説明する。

【0078】まず、時刻 t を現在の時刻にリセットする。

【0079】時刻 t に制約条件に違反した工程がない場合には時刻 t を $t + \alpha$ に更新する。ここで α は単位時間

(例えば 1 分) である。

【0080】時刻 t に制約条件に違反した工程がある場合には、制約違反を解消するように、制約違反に違反した工程の処理開始時刻および処理終了時刻を変更する。

【0081】以下、図 6、図 7 および図 8 を用いて制約違反を解消する方法を説明する。

【0082】図 6 は制約違反解消工程 102 において行なう制約違反の解消方法の説明図であり、図 6 において、(1) は装置ダウン期間に工程が割り当てられている場合、(2) はバッチ処理する工程数が装置の処理能力を越えている場合であって、横軸は時刻を示している。

【0083】図 7 は制約条件格納テーブルの一例を示す図である。

【0084】図 8 は平均待ち時間格納テーブルの一例を示す図であり、工程名および製造装置名毎に、過去の処理実績から算出した平均処理待ち時間と、1 度に処理可能な製品数を表わすバッチ処理数とを格納する。

【0085】図 1 に示す初期製造計画立案工程 101 において、工程 $P(a, n)$ が装置ダウン期間に割り付けられた場合、図 7 の制約条件格納テーブルに格納されている「製造装置のダウン期間に工程を割り付けない。」という制約条件に違反している。この場合、図 6(1) に示すように、ダウン期間前後に工程 $P(a, n)$ を移動し、変数 $F(a, n)$ の絶対値 $|F(a, n)|$ が小さい方の処理開始時刻および処理終了時刻を採用する。

【0086】また、初期製造計画立案工程 101 において、図 8 の平均処理待ち時間格納テーブルのバッチ処理数以上の工程 $P(a, na)$ 、 $P(b, nb)$ 、 P

(c, nc) がバッチ処理するように割り付けられている場合、図 7 の制約条件格納テーブルの「バッチ処理数以上の工程をバッチ処理しない。」という制約条件に違反している。この場合、図 6(2) に示すように、制約条件に違反している 3 つの工程の変数 $F(a, na)$ 、 $F(b, nb)$ 、 $F(c, nc)$ を比較し、変数 F が最も大きい工程の処理開始時刻および処理終了時刻を制約違反が解消されるまで後にずらす。他の制約条件に違反している場合も同様に制約違反を解消するように工程の処理開始時刻および処理終了時刻を変更する。

【0087】時刻 t に制約条件に違反している工程が無くなった後、時刻 t を $t + \alpha$ に変更する。

【0088】以上の操作を処理開始時刻が最も遅い工程まで行ない、製造計画の立案を終了する。

【0089】次に、制約違反解消工程 102 において行なう前記初期製造計画から制約違反を解消する第 2 の方法について図 9 および図 10 を用いて説明する。

【0090】図 9 および図 10 は、制約違反を解消する第 2 の方法を説明するタイムチャート図である。

【0091】まず、時刻 t を現在の時刻にリセットする。

【0092】次に、初期製造計画において、処理開始時

刻が時刻 t である工程を検索し、検索した工程と処理条件が同じで、処理開始時刻から処理終了時刻までの時間帯が1分でも重なっている工程の処理開始時刻および処理終了時刻を、検索した工程の処理開始時刻および処理終了時刻に修正する(図9(1)を参照)。以下、この処理開始時刻および処理終了時刻を同じに修正した工程の組をバッチ組と呼ぶ。この処理を時刻 t から製造計画の最終時刻まで行なう。

【0093】次に、再び時刻 t を現在の時刻にリセットし、単位時間ずつ製造計画の最終時刻まで進め、それぞれの時刻 t において、処理開始時刻が時刻 t であるバッチ組を検索し、バッチ組を構成するすべての工程が、図7の制約条件格納テーブルの制約条件を満たす範囲で処理開始時刻および処理終了時刻を早める(図9(2)を参照)。

【0094】次に、処理開始時刻および処理終了時刻を早めたバッチ処理を構成する各工程のうち、処理開始時刻および処理終了時刻を、処理終了時刻がバッチ組の処理開始時刻よりも前に早めることができる工程がある場合、この工程をバッチ組から外し、処理開始時刻および処理終了時刻を早める(図10(1)を参照)。

【0095】次に、バッチ組から外して処理開始時刻および処理終了時刻を早めた工程の処理開始から処理終了までの時間帯が、処理内容が同じ工程の処理開始から処理終了までの時間帯に重なっている場合、その工程を新たにバッチ組として、処理開始時刻および処理終了時刻を、図7の制約条件に違反しないように設定する(図10(2)を参照)。

【0096】以上の処理を、時刻 t が現在の時刻から製造計画の最終時刻まで行ない、製造計画の立案を終了する。

【0097】本実施形態に係る製造計画立案方法によると、各製品の納期を守ることができると共に、(10)式の第1項と第2項の差 $\{f_1(a, n) - f_2(a, n)\}$ によって、各工程の処理待ち時間が長くなることを防止できる製造計画を立案することができる。

【0098】また、(10)式の第3項である $f_3(a, n)$ によって、処理内容が同一である工程をバッチ処理するように製造計画を立案することができる。

【0099】さらに、最適化手法のように何度も製造計画を立案する必要がないので、製造計画の立案に時間がかからない。

【0100】以下、前記製造計画立案方法に用いる第1の製造計画立案装置について図面を参照しながら説明する。

【0101】図11は第1の製造計画立案装置のブロック図であって、該第1の製造計画立案装置は、初期製造計画を立案する初期製造計画立案部200と、初期製造

計画から制約違反を解消して製造計画を作成する制約条件解消部210と、製造計画を出力する出力手段220とから構成されている。初期製造計画立案部200は、ライン情報取り込み手段201、工程割付手段202、初期製造計画立案時間チェック手段203、変数計算手段204および工程移動手段205からなり、制約違反解消部210は、制約違反解消手段211、前詰め手段212および処理装置選択手段213からなる。

【0102】以下、初期製造計画立案部200の動作について説明する。

【0103】まず、ライン情報取り込み手段201によって、製造ライン上の製造装置の稼働情報や製品の仕掛かり情報などを製造計画立案装置内に取り込み、製品のフロー情報を図12のフロー情報格納テーブルに格納し、製品の進捗情報を図13の進捗情報格納テーブルに格納し、製造装置の稼働情報を図14の装置稼働情報格納テーブルに格納する。また、各製品のフロー情報を図15の製造計画格納テーブルに格納し、既に処理を開始した工程は開始区分を「実績」に、開始していない場合は開始区分を「計画」に、既に処理を終了した工程は終了区分を「実績」に、処理を終了していない工程は終了区分を「計画」にする。

【0104】次に、工程割付手段202によって、未処理工程の処理開始時刻および処理終了時刻を決める。工程割付手段202による処理開始時刻および処理終了時刻の決定方法を図16、図8および図15を用いて説明する。図16は工程割付手段202により行なう処理の説明図であって、横軸は時刻を示している。図8の平均処理待ち時間格納テーブルの平均処理待ち時間は過去の処理実績から求めた工程別の待ち時間の平均である。

【0105】工程割付手段202は、図15の製造計画格納テーブルから開始区分又は終了区分が「計画」となっている工程 $P(a, n)$ を検索し、該工程 $P(a, n)$ の工程名、製造装置名および処理時間を図12のフロー情報格納テーブルから検索する。次に、工程名および製造装置名が図12のフロー情報格納テーブルから検索したレコードと同じであるレコードを図8の平均処理待ち時間格納テーブルから検索し、図15の製造計画格納テーブルから検索した工程 $P(a, n)$ の平均待ち時間 $T_{ave}(a, n)$ を求める。

【0106】次に、図8の平均処理待ち時間格納テーブルから検索した工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻 $T_s(a, n)$ と処理終了時刻 $T_e(a, n)$ を、次の(11)式および(12)式により求め、求めた処理開始時刻 $T_s(a, n)$ および処理終了時刻 $T_e(a, n)$ を図15の製造計画格納テーブルに格納する。

【0107】

【数16】

$$Ts(a, n) = Te(a, n-1) + Tave(a, n) \quad \dots (11)$$

$$Te(a, n) = Ts(a, n) + (\text{工程} P(a, n) \text{の処理時間}) \quad \dots (12)$$

【0108】但し、製品(1)の第1又は第3工程のように、処理装置が複数ある場合には図12のフロー情報格納テーブルに格納されている複数の処理装置のうちから、最適な処理装置、例えば平均待ち時間が最も短い処理装置(図8を参照)や歩留りの最も良い処理装置を選択し、選択した処理装置の平均処理待ち時間を Tave(a, n) とする。

【0109】以上の操作を図15の製造計画格納テーブルの開始区分および終了区分が「計画」になっている工程すべてに対して行なう(図16(1)を参照)。

【0110】最終工程 P(a, N(a)) の処理終了時刻 Te(a, N(a)) が目標納期 Tout(a) よりも後になる場合には、製品の完成日を目標納期に合わせるため、各工程の処理待ち時間 Twl(a, n) を Tave(a, n) - {Te(a, N(a)) - Tout(a)} / E(a) にする(図16(2)を参照)。

【0111】次に、初期製造計画立案時間チェック手段 203 によって、ライン情報取り込み手段 201 から現在までに要した時間 T が予め設定した定数 Tmax を越えているか否かをチェックし、時間 T が定数 Tmax を越えていなければ変数計算手段 204 に移行し、時間 T が定数 Tmax を越えていれば制約違反解消部 210 に移行する。

【0112】変数計算手段 204 は各工程 P(a, n) *

$$Tave'(a, n) = Tave(a, n)$$

$$= Tave(a, n) - \{Te(a, N(a)) - Tout(a)\} / E(a)$$

$$(Te(a, N(a)) \leq Tout(a) \text{ の場合})$$

$$(Te(a, N(a)) > Tout(a) \text{ の場合}) \quad \dots (13)$$

【0116】また、処理内容が工程 P(a, n) と同じ工程からの値 f3(a, n) を、次の(14)式から求める(図18および図19を参照)。

※【0117】

【数18】

※

$$f3(a, n) = \sum_{i=1}^A \sum_{j=1}^{N(i)} \theta(P(a, n), P(i, j)) \times f3'(P(a, n), P(i, j)) \times \cos \theta(P(a, n), P(i, j)) / f(a, n) \quad \dots (14)$$

但し

$$\cos \theta(P(a, n), P(i, j)) = \frac{Tw2(P(a, n), P(i, j))}{\sqrt{Tw2(P(a, n), P(i, j))^2 + h(a, n)^2}}$$

$$f3'(P(a, n), P(i, j)) = \frac{g(a, n)}{(Tw2(P(a, n), P(i, j))^2 + h(a, n)^2)^{1/2} \cdot n(a, n)}$$

【0118】ここで、Tw2(P(a, n), P(i, j)) の意味は前述したとおりである。

【0119】以上の方法により求めた f1(a, n)、f2(a, n) および f3(a, n) から、次の(15)式によって変数 F(a, n) を求め、求めた変数 F(a, n) を図20の変数格納テーブルに格納する。

*の変数 F(a, n) を計算する。変数 F(a, n) の求め方は、前述した製造計画立案方法の「変数の計算」と同様である。

【0113】以下、図17、図18および図19を参照しながら、変数計算手段 204 による変数 F(a, n) の計算方法について説明する。但し、図18は製造装置 e がバッチ処理不可能な場合を示し、図19は製造装置 e がバッチ処理可能な場合を示している。

【0114】図15の製造計画格納テーブルから未処理工程(開始区分が「計画」になっている工程)のレコードを1つずつ検索し、以下の処理を行なう。図15の製造計画格納テーブルから検索した工程 P(a, n) に対して、同一製品の工程からの値 f1(a, n) = k(a, n) × {Tave'(a, n) - Twl(a, n)}、および後工程からの値 f2(a, n) = k(a, n+1) × {Tave'(a, n+1) - Twl(a, n+1)} を計算する(図17を参照)。ここで、製品 a の工程数を N(a)、最終工程 P(a, N(a)) の処理終了時刻を Te(a, N(a)) としたとき、Tave'(a, n) を(13)式のように定義する。

【0115】

【数17】

【0120】

【数19】

$$F(a, n) = f1(a, n) - f2(a, n) + f3(a, n) \quad \dots (15)$$

【0121】次に図20の変数格納テーブルの変数 F(a, n) の絶対値 |F(a, n)| が予め設定しておいた定数 Fmax よりも大きい工程がある場合には工程移

動手段205に移行し、ない場合には制約違反解消部210に移行する。

【0122】工程移動手段205は、変数 $F(a, n)$ の絶対値 $|F(a, n)|$ が最も大きい工程を検索し、 $|F(a, n)| \geq F_{\max}$ の場合、以下の処理を行い、全工程の変数 $F(a, n)$ の絶対値 $|F(a, n)|$ が F_{\max} より小さくなるようにする。

【0123】検索した工程の変数が $F(a, n) > 0$ の場合は、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻および処理終了時刻を単位時間（たとえば1分）遅くし、工程 $P(a, n)$ 、工程 $P(a, n-1)$ 、工程 $P(a, n+1)$ および工程 $P(a, n)$ と処理内容が同じ工程すべての工程の変数を計算する。 $F(a, n) < 0$ の場合は、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻および処理終了時刻を単位時間早くし、再度工程 $P(a, n)$ 、工程 $P(a, n-1)$ 、工程 $P(a, n+1)$ および工程 $P(a, n)$ と処理内容が同じ工程すべての工程の変数を計算する。

【0124】再計算した変数 $F(a, n)$ の値の符号（正または負）が変化せず、変数 $F(a, n)$ の絶対値 $|F(a, n)|$ が再計算前の変数の絶対値より小さい場合は、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻および処理終了時刻を前記と同様にして変更する。

【0125】以上の操作をすべての工程の変数 $F(a, n)$ が $|F(a, n)| < F_{\max}$ となるまで、又は、一定時間行ない、図15の製造計画格納テーブルの処理開始時刻および処理終了時刻並びに図20の変数格納テーブルの変数 $F(a, n)$ を更新する。

【0126】次に、再び初期製造計画立案時間チェック手段203に戻り、立案時間をチェックする。初期製造計画立案時間チェック手段203において立案時間をチェックした結果、変数計算手段204に移った場合には、移動した工程 $P(a, n)$ の前後の工程 $P(a, n-1)$ および $P(a, n+1)$ の変数 $F(a, n-1)$ および $F(a, n+1)$ を再び計算する。また、工程移動手段205により移動した工程 $P(a, n)$ の（工程名+装置名+処理条件）をキー項目として工程 $P(a, n)$ と処理内容が同じである工程を図12のフロー情報格納テーブルから検索して、その変数 $F(a, n)$ を再び計算する。変数 $F(a, n)$ の再計算後、図20の変数格納テーブルを更新する。

【0127】前述した初期製造計画立案時間チェック手段203から工程移動手段205までの各操作を、変数 $F(a, n)$ が定数 F_{\max} を越える工程がなくなるまで行なう。

【0128】次に、初期製造計画立案部200において作成した初期製造計画の制約違反の解消および各工程で用いる処理装置の選択を制約違反解消部210において行なう。以下、制約違反解消部210における操作について説明する。

【0129】制約違反解消部210においては、時刻 t を現在の時刻 t_0 に初期化し、処理装置選択手段213に移行する。

【0130】処理装置選択手段213は、各工程での処理に用いる処理装置のうちから最適な処理装置を選択する。以下、処理装置選択手段213が行なう処理装置の選択方法について説明する。

【0131】まず、処理開始時刻が時刻 t と同じ工程（以下、 $P(a, n)$ とする）を検索する。図12のフロー情報格納テーブルの工程 $P(a, n)$ に複数の処理装置が登録されている場合、次の式（16）に示す装置評価関数 $F_e(a, n)$ を計算し、最も値の小さい処理装置を工程 $P(a, n)$ で使用する処理装置とする。

【0132】

【数20】

$$F_e(a, n) = E_a x E_1 + E_b x E_2 \dots (16)$$

【0133】ここで、 E_a および E_b は定数である。 E_1 は、装置稼働情報から求めた工程 $P(a, n)$ を処理開始可能な時刻である。 E_2 は、例えば半導体製造ラインでの装置内のダスト数等、製品の歩留りに影響を与える装置性能データであり、小さい値ほど装置性能が良いものとする。定数 E_a および E_b を $E_a \gg E_b \geq 0$ となるように設定すれば、製品の歩留りは低くなるが工程 $P(a, n)$ の処理待ち時間が短い処理装置を選択し、 $0 = E_a < E_b$ となるように定数 E_a および E_b を設定すれば、工程 $P(a, n)$ の処理待ち時間は長くなるが、歩留りの低下を防ぐ処理装置を選択する。

【0134】次に、制約違反解消手段211は、図15の製造計画格納テーブルから処理開始時刻が時刻 t と等しい工程を検索する。検索した工程が図7の制約条件格納テーブルの制約条件に違反しているか否かを調べ、違反している場合には、制約違反フラグをONにして前詰め手段212に移行し、制約違反が解消するように図15の製造計画格納テーブルの処理開始時刻および処理終了時刻を変更し、図15の製造計画格納テーブルを更新する。制約違反の解消方法は、前述した製造計画立案方法における制約違反解消工程102と同様にして行なう。制約違反がない場合には、制約違反フラグをOFFにして図15の製造計画格納テーブルを更新しないで前詰め手段212に移行する。

【0135】前詰め手段212は、直前の制約違反解消手段211により制約違反を解消した工程および時刻 t に処理中の工程の処理開始時刻および処理終了時刻を変更する。以下、図21を参照しながら前詰め手段212が行なう前詰めの方法について説明する。

【0136】まず、制約違反解消手段211により制約違反を解消された工程および時刻 t に処理中である工程のうちから任意の1工程 $P(a, n)$ を選択し、図7の制約条件格納テーブルの制約条件に違反しない時刻 $T_n(a, n)$ を求める。次に、工程 $P(a, n)$ の処理開

始時刻 $T_s(a, n)$ を時刻 $T_n(a, n)$ になるように工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻 $T_s(a, n)$ および処理終了時刻 $T_e(a, n)$ を変更して図15の製造計画格納テーブルを更新する。これにより、前詰め手段212による処理を終了する。

【0137】前詰め手段207の処理が終了すると、制約違反フラグがONの場合には再び制約違反解消手段211に戻る。制約違反フラグがOFFの場合には、時刻 t を $t + \alpha$ (α :単位時間、例えば1分)に更新し、時刻 t が製造計画の最終時刻を越えていない場合には処理装置選択手段213に戻り、越えている場合には制約違反解消部210の処理を終了して出力手段220に移行する。

【0138】出力手段220が、初期製造計画立案部200と制約違反解消部210とにより作成した製造計画をディスプレイ上に表示することにより、製造計画の立案は完了する。

【0139】尚、初期製造計画立案部200による立案においては、制約条件を全く無視したが、初期製造計画立案部200において制約条件のいくつかを考慮しながら初期製造計画を立案してもよく、この場合について説明する。

【0140】以下、図22を参照しながら、「製造装置のダウン期間には工程を割り付けない。」という制約条件と、「工程 $P(a, n)$ の処理は前工程 $P(a, n-1)$ の処理が終了した後に行なう、つまり $T_s(a, n) \geq T_e(a, n-1)$ を満たす。」という制約条件とを満たしながら、初期製造計画立案部200において初期製造計画を立案する例について説明する。

【0141】工程割付手段202において、工程 $P(a, n)$ の処理が製造装置のダウン期間に割り当てられた場合、工程 $P(a, n)$ が装置ダウン発生時刻 T_{ds} と装置ダウン解除予定時刻 T_{de} のどちらに近いかによって工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻 $T_s(a, n)$ および処理終了時刻 $T_e(a, n)$ を変更する。工程 $P(a, n)$ が装置ダウン発生時刻 T_{ds} に近い場合、つまり $T_s(a, n) - T_{ds} \leq T_{de} - T_e(a, n)$ の場合には、処理開始時刻が $T_e(a, n) = T_{ds}$ となるように工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻および処理終了時刻を決める(図22(A)(1)を参照)。工程 $P(a, n)$ が装置ダウン解除予定時刻 T_{de} に近い場合、つまり $T_s(a, n) - T_{ds} > T_{de} - T_e(a, n)$ の場合には、処理開始時刻が $T_s(a, n) = T_{de}$ となるように工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻および処理終了時刻を決定する(図22(A)(2)を参照)。

【0142】尚、処理装置選択手段213においては、最適な処理装置の選択方法としては、装置稼働情報から求めた処理開始可能な時刻 E_1 および製品の歩留りに影響を与える装置性能 E_2 を評価項目として装置評価関数 $F_e(a, n)$ に組み込み、処理装置の評価および選択

を行なったが、その他の装置の評価に必要な項目があれば、式(16)の第3項以降に、 $E_c \times$ (評価項目)を加えてもよい。

【0143】以上の処理開始時刻又は処理終了時刻の変更を、すべての工程 $P(a, n)$ が制約条件「製造装置のダウン期間には工程を割り付けない。」に対して違反しなくなるまで行なう。工程割付手段202の後の工程移動手段205においては、工程を移動中に装置ダウン期間があればその直前に工程を割り付けて初期製造計画を立案する(図22(B)を参照)。

【0144】前記第1の製造計画立案装置を用いて前記製造計画立案方法により製造計画を立案することによって、納期を満たし、各工程の処理待ち時間が長くなるのを防ぎ、且つバッチ処理が可能な製造計画を、シミュレーションベースの製造計画立案方法を用いた製造計画立案装置よりも短時間に立案することができる。

【0145】以下、本発明の第2の製造計画立案装置について図23のブロック図を参照しながら説明する。

【0146】第2の製造計画立案装置は、前記第1の製造計画立案装置の初期製造計画立案部200に、製造ラインの状況変化を取り込むライン更新情報取り込み手段306と、初期製造計画をコピーして2つ(第1初期製造計画、第2初期製造計画)にする初期製造計画複製手段307とが付加されたものである。第2の製造計画立案装置は、初期製造計画立案部300において前回の製造計画立案時に作成した第1初期製造計画を修正した後、制約違反解消部310において第2初期製造計画の制約違反を解消して製造計画を立案することにより、製造計画の立案時間を短縮し、装置ダウンや新規製品の追加等に瞬時に対応できるようにしたものである。

【0147】ライン情報取り込み手段301の機能は第1の製造計画立案装置のライン情報取り込み手段201の機能と同様である。

【0148】ライン情報取り込み手段301は、製造ライン上の製造装置の稼働情報や製品の仕掛かり情報を第2の製造計画立案装置に取り込み、製品のフロー情報を図12のフロー情報格納テーブルに、製品の進捗情報を図13の進捗情報格納テーブルに、製造装置の稼働情報を図14の装置稼働情報格納テーブルに格納する。また、図24(a)の第1製品計画格納テーブルに各製品のフロー情報を格納し、既に処理を開始した工程については開始区分を「実績」にし、処理をまだ開始していない工程については開始区分を「計画」にし、既に処理を終了した工程については終了区分を「実績」にし、処理を終了していない工程については終了区分を「計画」にする。また、新たに製造計画を立案する場合には、図25の製品更新情報格納テーブルおよび図26の装置更新情報格納テーブルのデータを全て削除し、全ての製品の進捗情報と全ての製造装置の稼働情報とを登録する。前回立案した製造計画の修正を行なう場合は、図15の製品更新情

報格納テーブルおよび図26の装置更新情報格納テーブルのデータを全て削除し、前回製造計画を立案した時刻から現在までに変化した製品の情報と装置稼働情報のみを追加する。また、新たに製品が製造ラインに投入された場合には図20の変数格納テーブルの変数 $F(a, n)$ を更新する。

【0149】次に、工程割付手段302によって第1初期製造計画を立案する。

【0150】以下、第1初期製造計画の修正を行なう工程割付手段302の処理方法について説明する。

【0151】まず、図25の製品更新情報格納テーブルに格納されている製品のみ、第1初期製造計画の各工程の処理開始時刻および処理終了時刻を更新する。図25の製品更新情報格納テーブルの変更区分においては、

「処理待ち」は前工程の処理が終了して現工程が処理待ち状態にあることを示し、「製品投入」は新たに製品を製造ラインに投入したことを示し、「休止設定」は製造装置のダウン等により現工程の処理を時刻の項に示す時刻までは処理を行なわないことを示している。

【0152】変更区分が「処理待ち」の場合には、該当製品の中の工程番号の1つ前の工程の終了区分を「実績」に変更する。

【0153】変更区分が「製品投入」の場合には、第1の製造計画立案装置の工程割付手段202と同様に製品を登録する。

【0154】変更区分が「休止設定」の場合には、該当工程の処理開始時刻を時刻の項に示す時刻と同時刻にする。

【0155】但し、製品(1)の第1又は第3工程のように、処理装置が複数ある場合には図12のフロー情報格納テーブルに格納されている複数の処理装置のうちから、最適な処理装置、例えば平均待ち時間が最も短い処理装置(図8を参照)や歩留りの最も良い処理装置を選択し、選択した処理装置の平均処理待ち時間を $Tave(a, n)$ とする。

【0156】工程割付手段302による処理が完了すると、初期製造計画立案時間チェック手段303によって、ライン情報取り込み手段301から現在までに要した時間 T が予め設定した規定値 T_{max} を越えているか否かをチェックし、時間 T が規定値 T_{max} を越えていなければ変数計算手段304に移行する一方、時間 T が規定値 T_{max} を越えておれば初期製造計画複製手段307に移行する。

【0157】変数計算手段304は各工程 $P(a, n)$ の変数 $F(a, n)$ を計算する。まず、図25の製品更新情報格納テーブルから1レコードを検索し、検索したレコードの工程 $P(a, n)$ の変数 $F(a, n)$ を計算する。次に、前後の工程 $P(a, n-1)$ および $P(a, n+1)$ の変数 $F(a, n-1)$ 、 $F(a, n+1)$ を計算する。変数の計算方法は第1の製造計画立案

装置の変数計算手段204と同様である。この処理を図20の製品更新情報格納テーブルの全レコードに対して行なう。

【0158】変数計算手段304による処理が終了すると、工程移動手段305に移行する。予め設定しておいた定数 F_{max} よりも変数 $F(a, n)$ が大きい工程がない場合には初期製造計画複製手段306に移行し、定数 F_{max} よりも変数 $F(a, n)$ が大きい工程が1つ以上ある場合には、その中から1工程を検索し、変数 $F(a, n)$ が最も小さくなるように処理開始時刻および処理終了時刻を変更し、図24(a)の第1製造計画格納テーブルの処理開始時刻および処理終了時刻並びに図20の変数格納テーブルの変数 $F(a, n)$ を更新した後、初期製造計画立案時間チェック手段303に移行する。

【0159】初期製造計画複製手段307は、ライン情報取り込み手段301から工程移動手段305までの処理により作成した図24(a)の第1製造計画格納テーブルを図24(b)の第2製造計画格納テーブルとして複製して第1初期製造計画および第2初期製造計画の2つを作成する。

【0160】初期製造計画複製手段307による処理が終了すると、制約違反解消部310において第2初期製造計画から制約違反を解消する。

【0161】制約違反解消部310においては、時刻 t を現在の時刻 t_0 に初期化して処理装置選択手段313に移行する。

【0162】処理装置選択手段313は、各工程での処理に用いる処理装置のうちから最適な処理装置を選択する。以下、処理装置選択手段313が行なう処理装置の選択方法について説明する。

【0163】まず、処理開始時刻が時刻 t と同じ工程(以下、 $P(a, n)$ とする)を検索する。図12のフロー情報格納テーブルの工程 $P(a, n)$ に複数の処理装置が登録されている場合には、前記の式(16)に示す装置評価関数 $F_e(a, n)$ を計算し、最も値の小さい処理装置を工程 $P(a, n)$ で使用する処理装置とする。

【0164】ここで、 E_a および E_b は定数である。 E_1 は装置稼働情報から求めた工程 $P(a, n)$ を処理開始可能な時刻である。 E_2 は、例えば半導体製造ラインでの装置内のダスト数等、製品の歩留りに影響を与える装置性能データであり、小さい値ほど装置性能が良いものとする。定数 E_a および E_b を $E_a \gg E_b \geq 0$ となるように設定すれば、製品の歩留りは低くなるが工程 $P(a, n)$ の処理待ち時間が短い処理装置を選択し、 $0 \leq E_a \ll E_b$ となるように定数 E_a および E_b を設定すれば、工程 $P(a, n)$ の処理待ち時間は長くなるが、歩留りの低下を防ぐ処理装置を選択する。

【0165】次に、図24(b)の第2製造計画格納テ

ーブルから処理開始時刻が時刻 t と等しい工程を検索する。検索した工程が図7の制約条件格納テーブルの制約条件に違反しているか否かを調べ、違反している場合は、制約違反フラグをONして前詰め手段312に移行し、制約違反が解消するように図24(b)の第2製造計画立案テーブルの処理開始時刻および処理終了時刻を変更する。制約違反の解消方法は前記製造計画立案方法における制約違反解消工程102と同様に行なう。制約違反がない場合には、制約違反フラグをOFFにして前詰め手段312に移行する。

【0166】前詰め手段312は、直前の制約違反解消手段311において制約違反を解消した工程並びに時刻 t に処理中の工程の処理開始時刻および処理終了時刻を変更する。

【0167】以下、図21を参照しながら前詰め手段312による前詰めの方法について説明する。

【0168】まず、制約違反解消手段311により制約違反が解消した工程および時刻 t において処理中の工程 $P(a, n)$ のうちから任意の1工程 $P(a, n)$ を選択し、図7の制約条件格納テーブルの制約条件に違反しない時刻 $T_n(a, n)$ を求める。次に、工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻 $T_s(a, n)$ を時刻 $T_n(a, n)$ になるように、図24(b)の第2製造計画立案テーブルにおける工程 $P(a, n)$ の処理開始時刻および処理終了時刻を変更すると共に、図15の製造計画格納テーブルを更新して、前詰め手段311による処理を完了する。

【0169】前詰め手段312による処理が完了すると、制約違反フラグがONの場合には再び制約違反解消手段311に戻る。一方、制約違反フラグがOFFの場合には、時刻 t を $t + \alpha$ (α :単位時間、例えば1分)に更新し、時刻 t が製造計画の最終時刻を越えていないときは処理装置選択手段312に戻り、越えている場合は制約違反解消部310における処理を終了して出力手段320に移行する。

【0170】出力手段320は、初期製造計画立案部310および制約違反解消部320において立案した第2初期製造計画を最終の製造計画としてディスプレイ上に表示する。

【0171】出力手段320により第2初期製造計画を出力した後、新たに製品がライン上に投入されたり又は製造装置に故障が発生した場合には、ライン更新情報取り込み手段306に移行し、製造ライン上の製造装置の稼働情報や製品の仕掛かり情報を取り込み、前述した各処理を行なって新しい製造計画を立案する。

【0172】なお、第2の製造計画立案装置の初期製造計画立案部300においては、制約条件を全く無視したが、制約条件のいくつかを考慮して初期製造計画を立案してもよい。

【0173】以上説明したように、第2の製造計画立案

装置によると、初期製造計画複製手段307を設け、前回立案した初期製造計画を修正して製造計画を立案していくことによって、第1の製造計画立案装置よりも短時間に製造計画を立案することが可能になる。

【0174】なお、第1および第2の製造計画立案装置においては、本発明の製造計画立案方法の制約違反解消工程における第1の制約違反解消方法を用いたが、本発明の製造計画立案方法の制約違反解消工程における第2の制約違反解消方法を用いてもよい。

10 【0175】尚、処理装置選択手段313においては、最適な処理装置の選択方法としては、装置稼働情報から求めた処理開始可能な時刻 E_1 および製品の歩留りに影響を与える装置性能 E_2 を評価項目として装置評価関数 $F_e(a, n)$ に組み込み、処理装置の評価および選択を行なったが、その他の装置の評価に必要な項目があれば、式(16)の第3項以降に、 $E_c \times$ (評価項目)を加えてもよい。

20 【0176】以下、本発明の第1および第2の製造計画立案装置において用いる定数 $k(a, n)$ 、定数 $m(a, n)$ および定数 $h(a, n)$ を、最適化技法(本説明ではシミュレーテッドアニーリング法を用いる)を用いて、製造計画の目的関数値が小さくなるように設定する方法について図27のフローチャート図を参照しながら説明する。

30 【0177】まず、初期設定工程401において、定数 $k(a, n)$ 、定数 $m(a, n)$ および定数 $h(a, n)$ を初期設定して、第1又は第2の製造計画立案装置の初期製造計画立案部200又は300により製造計画を立案し、目的関数値 $C(0)$ を求める。また、製造計画評価工程405において使用する定数 Ta_0 ($Ta_0 > 0$)、定数 Ta ($Ta > Ta_0$)、定数 L (正の整数)および定数 r ($0 < r < 1$)を初期設定する。

【0178】次に、定数選択工程402において、定数 $k(a, n)$ および定数 $m(a, n)$ の中からランダムに1つを選択してその値を $P(0)$ および $P(1)$ に格納し、変数 $cycle$ を0に初期設定する。

【0179】次に、定数変更工程403において、定数 $P(1)$ を定数 $P(0)$ の近傍の値に変更する。

【0180】次に、製造計画立案工程404において、第1又は第2の製造計画立案装置を用いて製造計画を立案する。

【0181】製造計画評価工程405においては、変数 $cycle: cycle + 1$ に更新し、製造計画立案工程403において立案した製造計画の目的関数値 C

(1)を求め、目的関数値 $C(1)$ と初期設定工程401において求めた目的関数値 $C(0)$ とを比較し、 $C(1) \leq C(0)$ の場合には $P(0) := P(1)$ 、 $C(1) := C(0)$ に変更し、 $C(1) > C(0)$ の場合には確率 $e^{-(C(1)+C(0))}$ に基づき $P(0) := P(1)$ に変更する。次に、 $Ta := r \times Ta$ (Ta は正

の実数)とおき、 $T_a \leq Ta_0$ 且つ $cycl e < L$ ならば定数設定時間チェック工程405に移り、 $T_a > Ta_0$ 又は $cycl e \geq L$ ならば定数変更工程403に戻る。

【0182】定数設定時間チェック工程406においては、(初期設定工程401の開始からの時間) $< T$ の場合には定数選択工程402に戻り、(初期設定工程401の開始からの時間) $\geq T$ の場合には定数値を設定する過程を終了する。

【0183】以上説明したような定数設定方法を用いて、第1又は第2の製造計画立案装置において用いる定数を設定することにより、TATが短縮される製造計画を立案することができる。

【0184】なお、前記の定数設定方法の説明にはシミュレーテッドアニーリング法を用いたが、最適化技法であれば他の方法でもよい。

【0185】

【発明の効果】請求項1の発明に係る製造計画立案方法によると、各工程の処理待ち時間 $T_{wl}(a, n)$ が平均待ち時間 $T_{ave}(a, n)$ に近いほど変数 $F(a, n)$ は0に近い値になるため、初期製造計画における各工程の待ち時間は平均待ち時間に近くなるので、TATが短縮された製造計画を短時間で立案することができる。

【0186】請求項2の発明に係る製造計画立案方法によると、工程 $P(a, n)$ と処理内容が同じである工程が工程 $P(a, n)$ の付近に存在するほど変数 $F(a, n)$ が0に近い値になるため、初期製造計画において処理内容が同一である工程が近くにある場合にバッチ処理を効率的に行なうことができる製造計画を短時間で立案することができる。

【0187】請求項3の発明に係る製造計画立案方法によると、請求項1および2の発明の効果を合わせ持つので、バッチ処理が効率的に行なえると共にTATが短縮された製造計画を短時間で立案することができる。

【0188】請求項4の発明に係る製造計画立案装置によると、【数4】によって各工程の処理開始時間が早められるので納期に間に合い、且つ、【数5】によってバッチ処理が効率的に行なえると共にTATが短縮されるので、納期に間に合い、バッチ処理が効率的に行なえ且つTATが短縮された製造計画を短時間で立案することができる。

【0189】請求項5の発明に係る製造計画立案装置によると、請求項4の発明と同様、納期に間に合い、バッチ処理が効率的に行なえ且つTATが短縮された製造計画を短時間で立案することができる上に、前回に作成した初期製造計画を修正し、修正された初期製造計画から制約違反を解消して製造計画を立案できるので、製造装置の稼働情報や製品の仕掛かり情報等のライン情報が更新された場合に瞬時に対応することができる。

【0190】請求項6の発明に係る製造計画立案装置によると、前詰め手段を備えているため、各工程の処理開

始時刻および処理終了時刻を制約条件に違反しない範囲内で早めることができるので製造計画のTATを一層短縮することができる。

【0191】請求項7の発明に係る製造計画立案装置によると、初期製造計画立案時間チェック手段を備えているため、立案時間に余裕があると、変数 $F(a, n)$ を再度求め、再度求められた変数 $F(a, n)$ が定数 F_{max} 以下になるような時刻に処理を開始するよう処理開始時刻および処理終了時刻を変更して初期製造計画を作成できるので、製造計画のTATを一層短縮することができる。

【0192】請求項8の発明に係る製造計画立案装置によると、工程割付手段が求めた処理開始時刻および処理終了時刻により定まる処理期間中に製品 a の第 n 工程を処理する処理装置がダウン状態にある場合、製品 a の第 n 工程を処理装置のダウン期間の前又は後に移動させることができるので、ダウン状態にある処理装置を予め考慮した初期製造計画を立案することができる。

【0193】請求項9又は10の発明に係る製造計画立案装置によると、最適な定数 $k(a, n)$ 、定数 $m(a, n)$ および定数 $h(a, m)$ を設定して変数 $F(a, n)$ を最適化できるので、TATが一層短縮された製造計画を短時間に立案することができる。

【0194】請求項11の発明に係る製造計画立案装置によると、処理装置が複数ある場合に、最適な処理装置例えば平均処理待ち時間が最も短い処理装置や歩留りが最も良い装置を選択することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係る製造計画立案方法のフローチャート図である。

【図2】前記製造計画立案方法における初期製造計画の立案方法の説明図である。

【図3】前記製造計画立案方法における初期製造計画の立案方法の説明図である。

【図4】前記製造計画立案方法における初期製造計画の立案方法の説明図である。

【図5】前記第1および第2の製造計画立案装置における変数 $F(a, n)$ の第3項の $f(a, n)$ の一例を示す図である。

【図6】前記製造計画立案方法における制約違反解消方法の説明図である。

【図7】前記製造計画立案方法およびこの方法を実現する第1および第2の製造計画立案装置において用いる制約条件格納テーブルの一例を示す図である。

【図8】前記製造計画立案方法、第1および第2の製造計画立案装置において用いる平均処理待ち時間格納テーブルの一例を示す図である。

【図9】本発明の一実施形態に係る製造計画立案方法における制約違反解消工程の説明図である。

【図10】本発明の一実施形態に係る製造計画立案方法

における制約違反解消工程の説明図である。

【図11】前記第1の製造計画立案装置のブロック図である。

【図12】前記第1および第2の製造計画立案装置において用いるフロー情報格納テーブルの一例を示す図である。

【図13】前記第1および第2の製造計画立案装置において用いる進捗情報格納テーブルの一例を示す図である。

【図14】前記第1および第2の製造計画立案装置において用いる装置稼働情報格納テーブルの一例を示す図である。

【図15】前記第1の製造計画立案装置において用いる製造計画格納テーブルの一例を示す図である。

【図16】前記第1および第2の製造計画立案装置における工程割付手段の処理を説明する図である。

【図17】前記第1および第2の製造計画立案装置における変数計算手段の処理を説明する図である。

【図18】前記第1および第2の製造計画立案装置における変数計算手段の処理を説明する図である。

【図19】前記第1および第2の製造計画立案装置における変数計算手段の処理を説明する図である。

【図20】前記第1および第2の製造計画立案装置において用いる変数格納テーブルの一例を示す図である。

【図21】前記第1および第2の製造計画立案装置における前詰め手段の処理を説明する図である。

【図22】前記第1および第2の製造計画立案装置における工程割付手段が制約条件解消機能を有する場合の処理を説明する図である。

【図23】前記第2の製造計画立案装置のブロック図である。

【図24】前記第2の製造計画立案装置において用いる第1および第2の製造計画格納テーブルの一例を示す図である。

【図25】前記第2の製造計画立案装置において用いる製品更新情報格納テーブルの一例を示す図である。

【図26】前記第2の製造計画立案装置において用いる装置更新情報格納テーブルの一例を示す図である。

【図27】前記第1および第2の製造計画立案装置における定数設定手段の処理を説明する図である。

【図28】前記第1および第2の製造計画立案装置にお

ける変数F(a, n)の第3項の一例を示す図である。

【図29】最適化技法を用いた従来の第1の製造計画立案方法を示すフローチャート図である。

【図30】シミュレーションベースの従来の第2の製造計画立案方法を示すフローチャート図である。

【図31】従来の第2の製造計画立案方法に用いるディスプレイパッチングルール格納テーブルの一例を示す図である。

【符号の説明】

- 10 101 初期製造計画立案工程
- 102 制約違反解消工程
- 200 初期製造計画立案部
- 201 ライン情報取り込み手段
- 202 工程割付手段
- 203 初期製造計画立案時間チェック手段
- 204 変数計算手段
- 205 工程移動手段
- 210 制約違反解消部
- 211 制約違反解消手段
- 20 212 前詰め手段
- 213 処理装置選択手段
- 220 出力手段
- 300 初期製造計画立案部
- 301 ライン情報取り込み手段
- 302 工程割付手段
- 303 初期製造計画立案時間チェック手段
- 304 変数計算手段
- 305 工程移動手段
- 306 ライン更新情報取り込み手段
- 30 307 初期製造計画立案部
- 310 制約違反解消部
- 311 制約違反解消手段
- 312 前詰め手段
- 313 処理装置選択手段
- 320 出力手段
- 401 初期設定工程
- 402 定数選択工程
- 403 定数変更工程
- 404 製造計画立案工程
- 40 405 製造計画評価工程
- 406 定数設定時間チェック工程

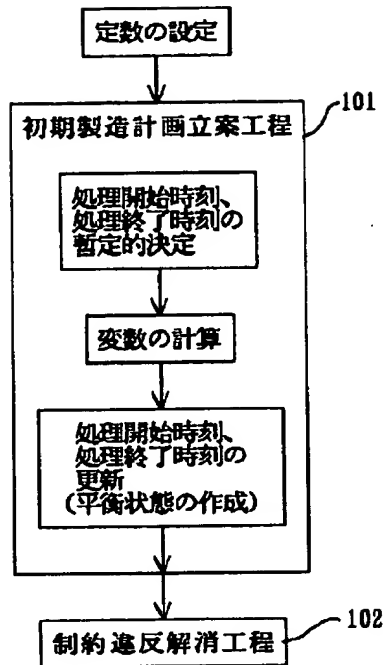
【図7】

制約条件格納テーブル	
制約条件	
製造装置のダウン範囲に工程を割り付けない	
パッチ処理数以上の工程をパッチ処理しない	
$T_0(a, n) \geq T_0(a, n-1)$	
...	

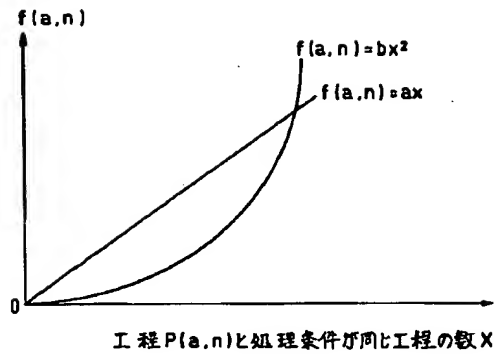
【図14】

装置稼働情報格納テーブル			
製造装置名	稼働区分	開始時刻	解除時刻
製造装置(1)	ダウン	1994/8/10/18:00	1994/8/20/18:00
製造装置(2)	稼働	1994/4/1/8:00	
...

【図1】



【図5】



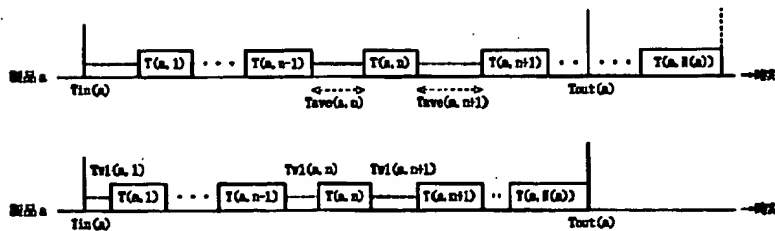
【図13】

進捗情報格納テーブル

製品名	優先度	親工程番号	状態	目標納期
製品(1)	A	23	処理待ち	1994/07/01/12:00
製品(2)	B	4	処理中	1994/04/04/12:00
製品(3)	C	12	処理待ち	
...

【図20】

【図2】



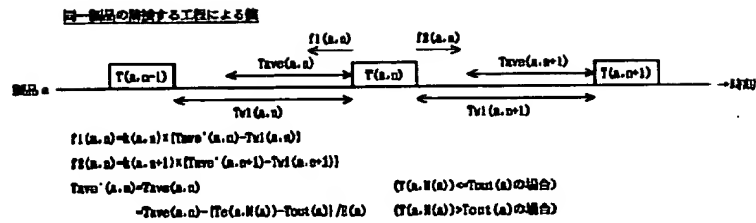
変数格納テーブル

製品名	工程番号	変数 $P(a, n)$
製品(1)	1	50
	2	20
	3	-10

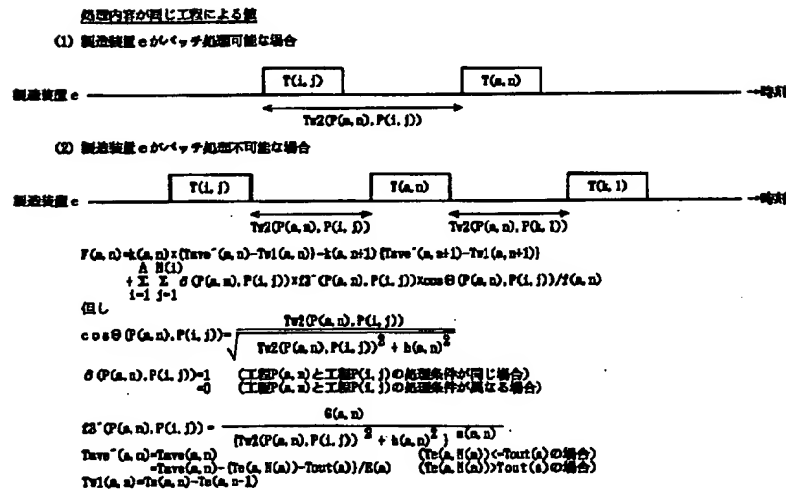
製品(2)	1	4
	2	-20

...

【図3】



【図4】



【図8】

平均処理待ち時間納納テーブル

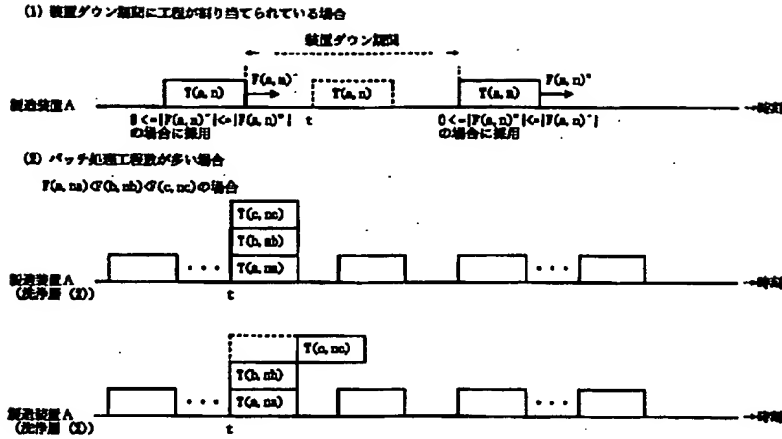
工程名	製造数量名	平均処理待ち時間	バッチ処理数
刷 印	刷印機(1)	20分	1
	刷印機(2)	30分	1
洗 淨	洗浄層(1)	20分	9
	洗浄層(2)	25分	2
酸 化	酸化炉(1)	10分	3
	酸化炉(2)	15分	4
...

【図12】

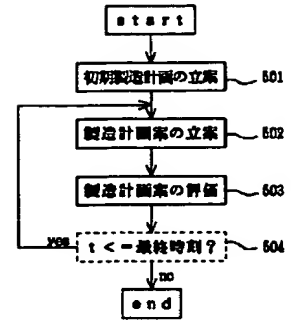
フロー情報納納テーブル

製品名	工程名	処理装置名	処理条件	処理時間	処理回数
製品(1)	1 刷印	刷印機(1)又は刷印機(2)	レシド(1)	50枚	20分
	2 洗浄	洗浄層(1)		50枚	60分
	3 酸化	酸化炉(1)又は酸化炉(2)		50枚	120分
製品(2)	1 刷印	刷印機(1)又は刷印機(2)		40枚	15分
	2 洗浄	洗浄層(1)		40枚	60分
...

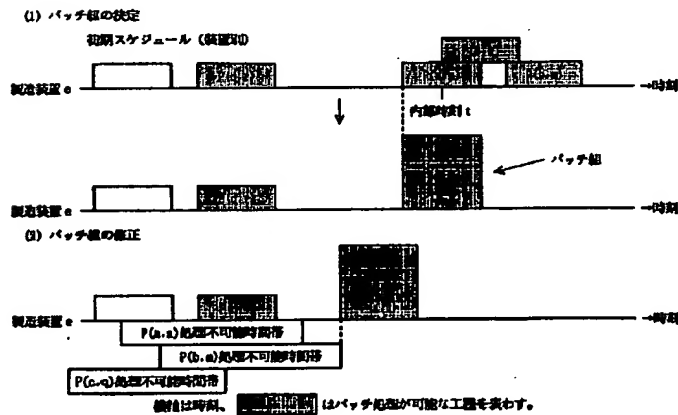
【図6】



【図29】



【図9】



【図25】

製品更新情報格納テーブル

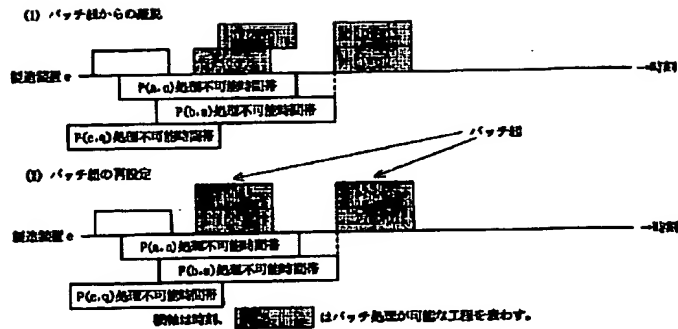
製品名	工程番号	変更区分	時刻
製品 (2)	3 2	処理待ち	
製品 (7)	1	製品投入	
製品 (15)	1 0 3	休止設定	1994/09/20/16:00
...

【図26】

装置更新情報格納テーブル

製造装置名	変更区分	変更開始時刻	変更終了時刻
製造装置 (1)	f1 設定	1994/8/20/12:00	1994/8/20/18:00
製造装置 (5)	f1 解除		
...

【図10】



【図31】

ディスパッチングルール格納テーブル

製造装置名	ディスパッチングルール
製造装置 (1)	最取り時間最小
製造装置 (2)	到着順
製造装置 (3)	slackルール
...	...

【図15】

製造計画格納テーブル

製品名	工程番号	処理開始時刻	開始区分	処理終了時刻	終了区分
製品(1)	1	1994/6/20/18:00	計画	1994/6/20/18:20	計画
	2		計画		計画
	3		計画		計画
	...	...	計画	...	計画
製品(2)	...	...	実績	...	実績
	31	1994/6/20/10:00	実績	1994/6/20/11:20	実績
	32		計画		計画
	33		計画		計画
	34		計画		計画
...	...	...	計画	...	計画

【図24】

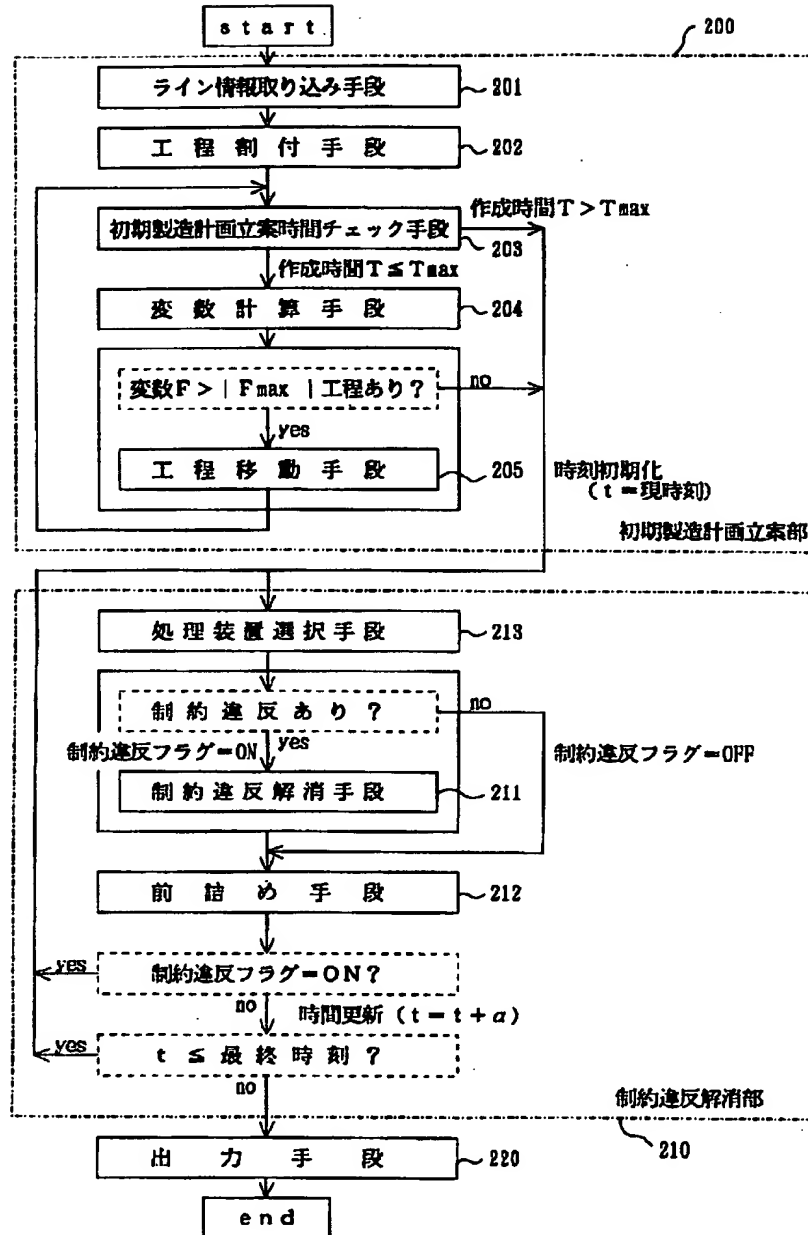
(a) 第1製造計画立案テーブル

製品名	工程番号	処理開始時刻	開始区分	処理終了時刻	終了区分
製品(1)	1	1994/6/20/18:00	計画	1994/6/20/18:20	計画
	2	1994/6/20/	計画		計画
	3		計画	...	計画
	...	...	計画	...	計画
製品(2)	...	...	実績	...	実績
	31	1994/6/20/10:00	実績	1994/6/20/11:20	実績
	32		計画		計画
	33		計画		計画
	34		計画		計画
...	...	...	計画	...	計画

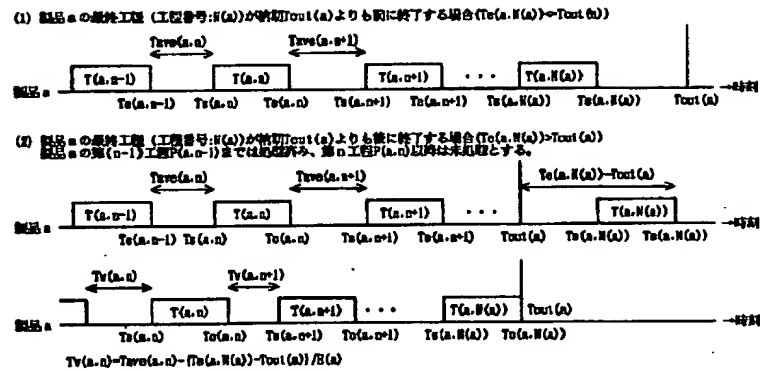
(b) 第2製造計画立案テーブル

製品名	工程番号	処理開始時刻	開始区分	処理終了時刻	終了区分
製品(1)	1	1994/6/20/18:00	計画	1994/6/20/18:20	計画
	2	1994/6/20/	計画		計画
	3		計画	...	計画
	...	...	計画	...	計画
製品(2)	...	...	実績	...	実績
	31	1994/6/20/10:00	実績	1994/6/20/11:20	実績
	32		計画		計画
	33		計画		計画
	34		計画		計画
...	...	...	計画	...	計画

【図11】

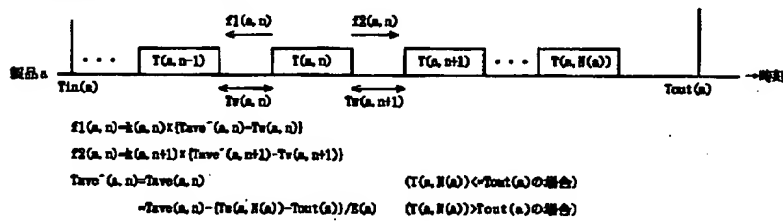


【図16】

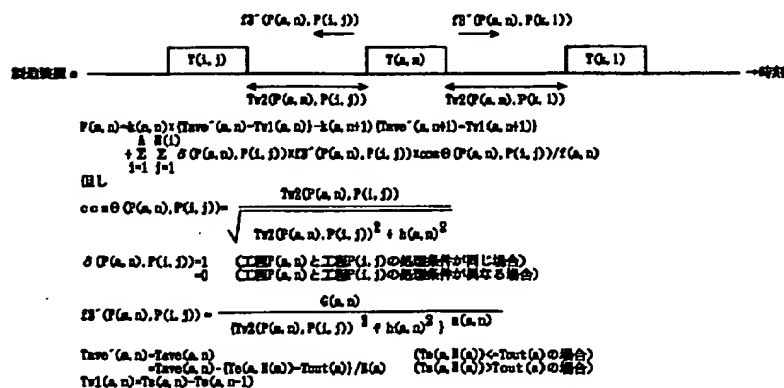


【図17】

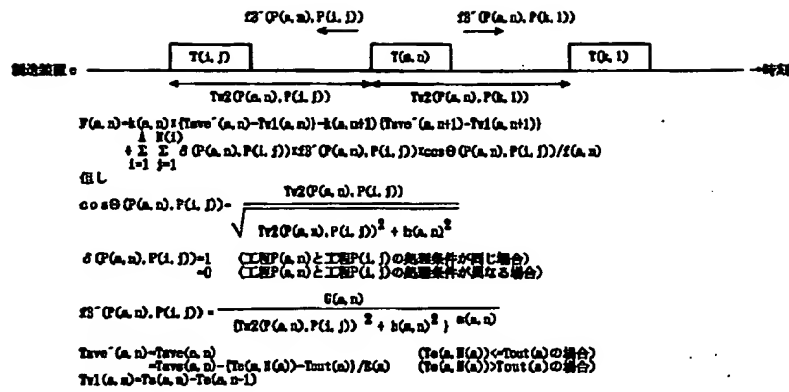
同一製品の前後する工程による値



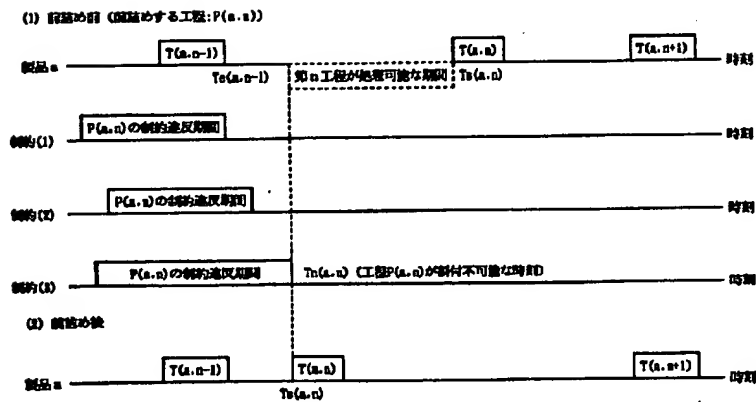
【図18】



【図19】



【図21】



(A) 単台スケジューリング法

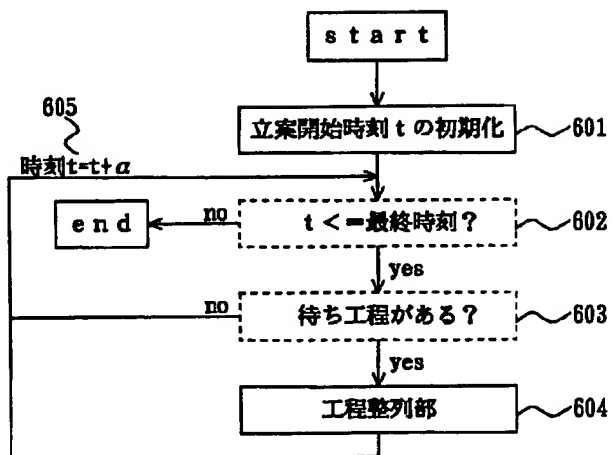
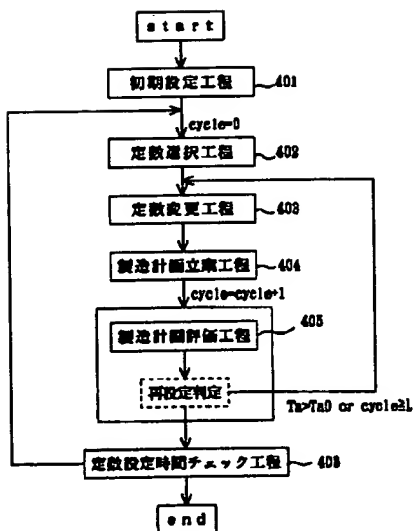
(I) $(T_m(a,n) - T_{dm}) \leq (T_{dm} - T_m(a,n))$

(II) $(T_m(a,n) - T_{dm}) > (T_{dm} - T_m(a,n))$

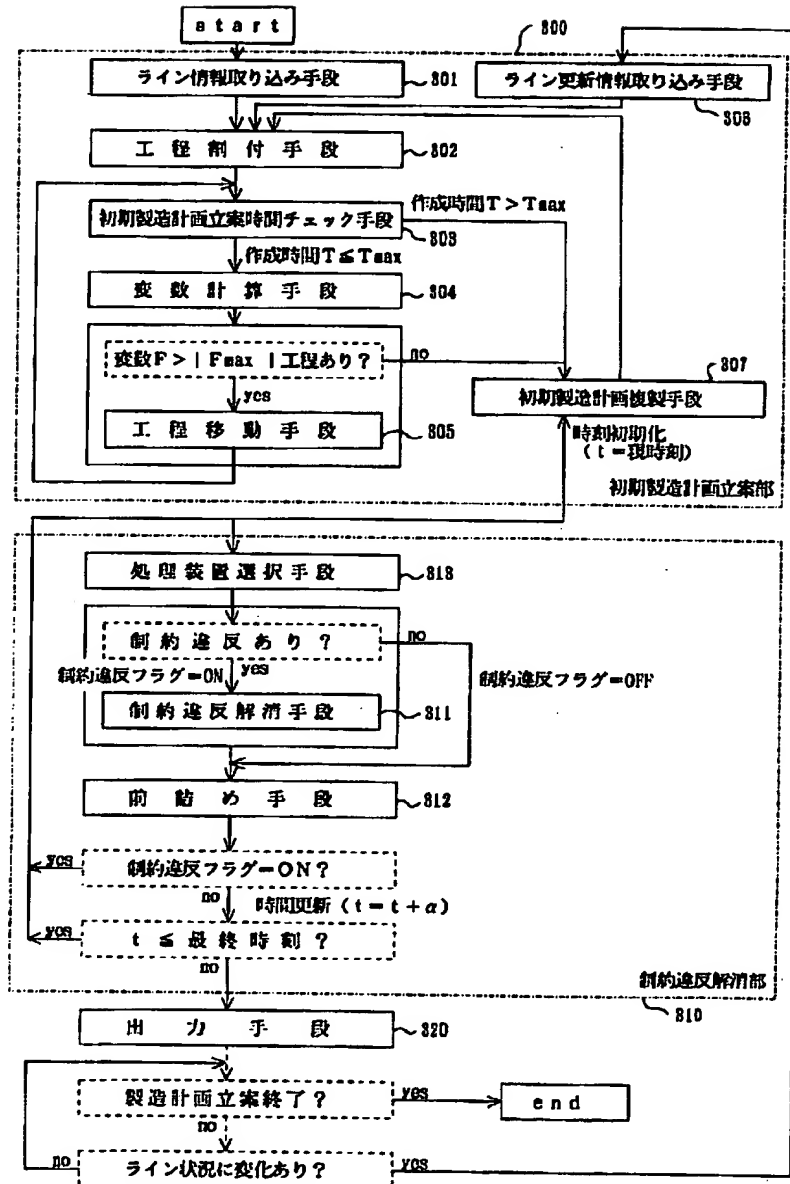
(B) 最終的な位置

$T_m(a,n)$ が最小となる位置

【図30】



【図23】



【図 28】

